MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE

PRESCRIPȚII DE PROIECTARE A PĂRȚII ELECTRICE A CENTRALELOR ȘI STAȚIILOR

Vol. I

BUCUREȘTI — 1980

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE

PRESCRIPȚII
DE PROIECTARE A PĂRȚII ELECTRICE A CENTRALELOR ȘI STAȚIILOR

Vol. I

CIRCUITE PRIMARE

ICEMENERG
BUCUREȘTI — 1980

Lucrările cuprinse în vol. I au fost elaborate de I.S.P.E. (PE 101, PE 102, PE 103, PE 111—1 ... 6 și PE 134) și de C.I.R.E.-S.C.P. (PE 111—10 ... 12)

Coordonatori de lucrare :

ing. V. Grigoriu — M.E.E., Direcția tehnică
și ing. D. Voinea — I.S.P.E.

PREFAȚA

Prezenta colecție de prescripții de proiectare a părții electrice a centralelor și stațiilor, se adresează colectivelor de proiectare de specialitate din institutele de proiectare și cercetare, din centralele industriale, din întreprinderile de rețele electrice, din trusturile de montaj și cadrelor didactice și cursanților din învățămîntul superior și mediu în specialitatea electroenergetică.

Cele 20 de prescripții care compun colecția de față au fost elaborate în perioada 1969—1978 de către colective de specialiști cu experiență în sector, fiind publicate în această perioadă în fascicule separate.

Pentru ușurința aplicării, întregul material a fost grupat în două volume, pe categorii de instalații, și anume :

— **vol. I — Circuite primare ;**

— **vol. II — Circuite secundare și servicii proprii.**

În forma în care se publică, textul normativelor și instrucțiunilor este actualizat în conformitate cu prevederile standardelor și ale celorlalte reglementări tehnice valabile la 1.01.1980, pasajele îmbunătățite fiind evidențiate marginal prin romburi. De asemenea, au fost reactualizate sau — după caz — anulate unele anexe la prescripții, care se refereau la standarde și prescripții modificate sau abrogate.

În vederea introducerii progresului tehnic și a generalizării experienței înaintate în activitatea de proiectare a părții electrice a centralelor și stațiilor, unitățile sînt rugate să facă propuneri de îmbunătățire în continuare a acestor prescripții.

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE
Direcția tehnică

CUPRINS

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Normativ pentru construcţia instalaţiilor electrice de conexiuni şi transformare cu tensiuni peste 1 kV	PE 101/77 Grupa 1 Electro-energetică

C U P R I N S

Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 43/77	Înlocuieşte : PE 101/71	Data intrării în vigoare : 1.03.1977

1. GENERALITĂŢI

1.1. Domeniul de aplicare

1.1.1. Prezentul normativ se aplică la proiectarea şi la executarea instalaţiilor electrice (definite conform art. 1.2.2.) fixe, de curent alternativ, cu tensiunea nominală mai mare de 1 kV pînă la 400 kV inclusiv, cu frecvenţa nominală pînă la 60 Hz inclusiv (de exemplu : staţii de conexiuni, de transformare, celule sub generator, posturi de transformare supraterane, subterane, pe stîlpi şi în clădiri, puncte de alimentare etc.).

Acest normativ poate fi de asemenea aplicat — ţinînd seama de particularităţile respective — şi pentru instalaţii de curent continuu a căror tensiune (inclusiv eventualele componente alternative) poate depăşi, chiar pentru un timp scurt, valoarea de 1,5 kV.

Normativul nu se aplică unor instalaţii electrice cu caracter special (de exemplu, instalaţiilor electrice pentru tracţiune electrică, pentru mine, electrochimice, în încăperi cu pericol de explozie etc.) pentru care se întocmesc de regulă prescripţii tehnice speciale.

1.1.2. Instalaţiile care la data intrării în vigoare a prezentului normativ sînt executate, în curs de execuţie sau cu cel puţin una din fazele de proiectare aprobate, fiind însă elaborate în conformitate cu alte prescripţii urmează a fi adaptate prezentului normativ numai în măsura în care exploatarea lor prezintă inconveniente deosebite.

Adaptarea la prezentul normativ se face din iniţiativa beneficiarului.

1.1.3. Extinderea instalaţiilor aflate în funcţiune sau înlocuirea unor echipamente din acestea se admite a se face în conformitate cu vechile prescripţii 13/61, 1E-1-68 sau PE 101/71, ţinînd seama şi de prevederile din art. 1.1.2. şi numai dacă

realizarea extinderii sau înlocuirea unor echipamente în conformitate cu prezentul normativ duce la dificultăţi de realizare. Extinderile după vechile prescripţii se vor justifica prin proiect.

1.2. Definiţii

1.2.1. Definiţii generale :

a) **Aparate electrice,** în sensul prezentului normativ se consideră toate obiectele principale, exclusiv (auto) transformatoarele de putere cu care se echipează instalaţiile electrice, de exemplu:

— aparate de conectare ca: întreruptoare, separatoare, separatoare de sarcină, siguranţe etc. (inclusiv dispozitivele lor de acţionare) ;
— transformatoare de măsură ;
— bobine de compensare şi de reactanţă ;
— descărcătoare ;
— bobine de blocare şi condensatoare de cuplare pentru instalaţii de înaltă frecvenţă.

b) **Materiale electrice,** în sensul prezentului normativ, se consideră toate obiectele care servesc la asamblarea (auto) transformatoarelor de putere şi a aparatelor electrice din instalaţiile electrice, ca de exemplu :
— conductoare izolate sau neizolate ;
— izolatoare ;
— cleme, armături etc.

c) **Echipamentul electric** reprezintă totalitatea (auto)transformatoarelor aparatelor şi materialelor electrice cu care se echipează instalaţiile electrice.

d) **Mărimi nominale** (de exemplu : tensiune nominală, curent nominal, putere nominală, frecvenţă nominală) sînt caracteristici de dimensionare a echipamentului şi a instalaţiei.

e) **Domeniul de protecţie contra atingerilor accidentale** (în interiorul spaţiilor de producţie electrică) în sensul prezentului normativ este domeniul delimitat, pe de o parte, de părţile aflate sub tensiune şi, pe de altă parte, de spaţiul de acces permis în mod normal persoanelor şi utilajelor de exploatare şi de întreţinere.

În figurile din prezentul normativ domeniile de protecție sînt figurate prin suprafețe hașurate.

f) **Separare de lucru** se numește separarea unei instalații electrice sau a unei părți din instalație, de elementele aflate sub tensiune, pe toate părțile, în vederea efectuării unor lucrări sau operații, în conformitate cu normele de protecție a muncii pentru instalațiile electrice elaborate de M.E.E. (de exemplu prin separatoare, eclise de separare, contacte debroșabile etc.).

g) **Distanța de izolare în aer** între două părți sub tensiune, neizolate sau între acestea și părți legate la pămînt este distanța cea mai scurtă în aer liber, fără intercalații din alte materiale izolante, normată în funcție de tensiunea pentru care se dimensionează instalația.

h) **Distanța de protecție contra atingerilor accidentale** (în interiorul spațiilor de producție electrică) este distanța determinată de condițiile împiedicării unor atingeri accidentale a părților sub tensiune de către personalul de exploatare sau de către utilajele de exploatare și de întreținere, cu respectarea normelor de protecție a muncii pentru instalații electrice, elaborate de M.E.E. Această distanță determină mărimea domeniului de protecție menționat la punctul e precedent.

1.2.2. Categorii de instalații :

a) **Instalație electrică,** în sensul prezentului normativ, este o instalație cu tensiunile între faze mai mari de 1 kV, care servește la primirea, transformarea, distribuirea energiei electrice și care cuprinde în general aparate de conectare și transformare, conductoare de legătură, diferite instalații auxiliare, precum și construcțiile aferente.

Instalațiile electrice în sensul prezentului normativ cuprind stațiile electrice (stațiile de conexiuni, stațiile de transformare, punctele de alimentare și posturile de transformare), inclusiv instalațiile electrice de la generatoare.

b) **Instalație electrică de exterior** este o instalație electrică sau parte dintr-o instalație electrică în care aparatele, (auto) transformatoarele și materialele electrice sînt dispuse într-un spațiu în exterior și expuse intemperiilor.

c) **Instalație electrică de interior** este o instalație electrică sau parte dintr-o instalație electrică în care aparatele, (auto)

transformatoarele şi materialele electrice sînt dispuse într-un spaţiu închis şi sînt protejate împotriva influenţei directe a intemperiilor.

d) **Instalaţie electrică de tip deschis** este o instalaţie electrică în care persoanele sînt protejate numai împotriva atingerilor accidentale a părţilor sub tensiune, prin îngrădiri de protecţie sau prin amplasarea echipamentului la înălţime corespunzătoare, în zone inaccesibile atingerilor accidentale.

e) **Instalaţie electrică de tip închis** este o instalaţie electrică în care echipamentul electric este dispus în carcase închise (neetanşe faţă de aerul atmosferic), astfel încît nici o parte sub tensiune din instalaţie nu poate fi atinsă.

f) **Instalaţie electrică capsulată,** în sensul prezentului normativ, este o instalaţie electrică la care echipamentul este complet închis în carcasă de protecţie, etanşă faţă de aerul atmosferic (în general metalică, legată la pămînt). Izolaţia electrică a echipamentului în interiorul carcasei se realizează prin diverse fluide, în general la presiuni superioare celei atmosferice. Instalaţia electrică capsulată poate fi instalată fie în exterior (în aer liber), dacă este construită corespunzător, fie în interior (într-un spaţiu închis).

g) **Instalaţie electrică prefabricată,** în sensul prezentului normativ, este o instalaţie electrică conţinînd aparatele de conectare, instrumente de măsură, dispozitive de protecţie şi automatizare şi care se livrează complet pregătită şi încercată electric, pentru a fi montată pe şantier.

h) **Staţie electrică** este un ansamblu de instalaţii electrice şi construcţii anexe, destinat converţiei energiei electrice şi/sau conectării a două sau mai multor surse de energie electrică ori a două sau mai multor căi de curent.

i) **Staţie de transformare** este o staţie electrică care realizează transformarea energiei electrice prin transformatoare de putere.

j) **Staţie de conexiuni** este o staţie electrică, care primeşte şi distribuie energia electrică la aceeaşi tensiune şi frecvenţă, tensiunea între faze fiind mai mare de 1 kV.

k) **Post de transformare** este o staţie de transformare destinată alimentării în joasă tensiune (pînă la 1 kV inclusiv) a consumatorilor.

l) **Punct de alimentare** este o staţie de conexiuni de medie tensiune, destinată alimentării unor posturi de transformare.

m) **Post de transformare pe stîlp** este un post de transformare al cărui echipament, inclusiv transformatorul, este instalat în exterior, pe o construcție specială de stîlpi sau direct pe stîlpii liniilor electrice aeriene.

1.2.3. Categorii de încăperi:

a) **Încăpere** sau **spațiu de producție** se numește acea încăpere sau acel spațiu în care se efectuează diverse operații sau procese tehnologice, accesibil și persoanelor neinstruite în exploatarea instalațiilor electrice cu tensiuni mai mari de 1 kV.

b) **Încăpere** sau **spațiu de producție electrică** se numește acea încăpere sau spațiu care servește exclusiv pentru procese tehnologice electrice. Accesul în aceste încăperi sau spații este permis numai persoanelor pregătite în exploatarea instalațiilor electrice respective și care au responsabilitate în acest sens în conformitate cu normele de protecție a muncii pentru instalații electrice elaborate de M.E.E.

c) Din punctul de vedere al acțiunii mediului asupra instalațiilor electrice montate în interior, se deosebesc :

— **încăperi umede,** în care umiditatea relativă depășește timp îndelungat 70%, indiferent de temperatură ;

— **încăperi cu acțiune chimică dăunătoare,** în care se produc sau pot pătrunde abur, gaze sau depuneri solide, în mod continuu sau periodic, și care acționează distructiv asupra izolației sau căilor de curent neizolate;

— **încăperi cu praf,** în care se produce sau poate să pătrundă praf care se depune pe conductoare, pe izolație, ori poate să pătrundă în aparate și mașini în cantități care să pericliteze buna funcționare a instalației ;

— **încăperi cu temperatura ridicată,** în care temperatura se menține timp îndelungat la o valoare mai mare de +35°C ;

— **încăperi cu pericol de incendiu,** în care se prelucrează, se utilizează sau se depozitează materiale combustibile.

d) **Încăperi cu pericol de explozie** se numesc acele încăperi în care se produc sau pot să pătrundă emanații de gaze, vapori sau praf, care, împreună cu aerul, pot da naștere la amestecuri explozive.

e) **Încăperi cu aglomerări de persoane** sînt acele încăperi în care se pot afla simultan 50 sau mai multe persoane, fiecăreia dintre ele revenindu-i o suprafață de pardoseală de maximum 4 m^2.

f) **Coridor de manevră** se numește coridorul de pe care este prevăzut a se face cel puțin o acționare a unui aparat de conectare dintr-o instalație electrică.

g) **Coridor de supraveghere** se numește coridorul care servește exclusiv pentru supravegherea funcționării sau pentru revizia aparatelor montate și de pe care nu se fac acționări de aparate de conectare din instalația electrică.

NOTĂ : *În prezentul normativ se folosesc următoarele moduri de indicare a gradului de obligativitate a prevederilor :*

— „trebuie", „este necesar", „urmează" indică obligativitatea strictă a respectării prevederilor în cauză;

— „de regulă" indică faptul că prevederea respectivă trebuie să fie aplicată în majoritatea cazurilor ; nerespectarea unei astfel de prevederi trebuie justificată întotdeauna în proiect ;

— „se recomandă", „pe cît posibil" indică o rezolvare preferabilă, care trebuie să fie luată în considerare la alegerea soluției, dar care nu este obligatorie ;

— „se admite" indică o soluționare satisfăcătoare, care poate fi aplicată în situații particulare, fiind obligatorie justificarea ei în proiect.

2. AMPLASAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

2.1. Condiții generale

2.1.1. Alegerea locurilor de amplasare a instalațiilor electrice trebuie făcută luînd în considerare toți factorii care condiționează din punct de vedere tehnic, economic și social diferitele variante posibile, cu respectarea simultană a regulilor de protecție a muncii și de prevenire și stingerea incendiilor.

2.1.2. Amplasarea instalațiilor electrice aparținînd sistemului energetic (noduri de rețea) se va face pe cît posibil pe considerentul realizării unor conexiuni cît mai bune cu siste-

mul energetic. Amplasarea instalaţiilor electrice pentru alimentarea unor consumatori se va face, de regulă, pe considerentul apropierii de centrul de greutate al consumatorilor alimentaţi.

2.1.3. Instalaţiile electrice prevăzute cu personal permanent de exploatare se vor amplasa, pe cît posibil, în apropierea zonelor locuite.

2.1.4. Alegerea amplasamentelor se va face astfel, încît să se evite pe cît posibil folosirea terenurilor agricole şi forestiere.

2.1.5. La alegerea amplasamentelor se vor evita pe cît posibil terenurile la care se pot produce alunecări de teren, avalanşe sau rostogoliri de pietre de pe versanţii alăturaţi, pe baza studiilor de teren corespunzătoare. În cazul existenţei unui pericol în acest sens, se vor lua măsurile de apărare necesare.

2.1.6. Instalaţiile electrice trebuie să fie apărate faţă de efectele dăunătoare ale apelor, în conformitate cu legislaţia în vigoare, şi anume :

— împotriva inundaţiilor provenite din revărsarea rîurilor prin : alegerea unor amplasamente corespunzătoare, ridicarea platformelor, executarea unor lucrări de apărare etc. ;

— împotriva inundaţiilor provocate de apele pluviale din bazinul local, prin evacuarea organizată a apei de pe teritoriu şi prin lucrări antierozionale ;

— împotriva inundaţiilor datorate ridicării nivelului apelor subterane, prin sisteme de drenaj.

Stabilirea măsurilor de apărare necesare se va face în conformitate cu indicaţiile cuprinse în standardele în vigoare, încadrarea instalaţiilor electrice făcîndu-se pe baza următoarelor două criterii şi luîndu-se în considerare criteriul care conduce la condiţiile cele mai exigente :

— **Criteriul A :** importanţa instalaţiilor electrice respective în cadrul sistemului energetic. Pentru staţiile electrice se va ţine seama în acest scop de indicaţiile din art. 2.1.7.

— **Criteriul B :** importanţa obiectivelor economice şi sociale alimentate direct (dacă este cazul). Cînd alimentarea acestor obiective se face prin două sau mai multe instalaţii electrice distincte, cu rezervare reciprocă, se admite reducerea încadrării acestora cu maximum două trepte, dacă condiţia de siguranţă impusă de criteriul B este realizată de ansamblul instalaţiilor electrice de alimentare. În locul acestei reduceri,

în cazul alimentării unei localităţi prin două sau mai multe instalaţii electrice distincte, cu sau fără rezervoare, se admite ca încadrarea să se facă pe baza numărului de locuitori care revine fiecăreia dintre ele.

La stabilirea importanţei instalaţiilor electrice şi a obiectivelor alimentate direct, se va ţine seama de posibilităţile de dezvoltare în viitor, în sensul prevederilor din art. 2.1.10.

Soluţia de apărare a instalaţiilor electrice poate fi comună şi altor obiective economice şi sociale, dacă aceasta prezintă avantaje tehnico-economice.

La determinarea măsurilor de apărare necesare, se va ţine seamă de amenajările hidrotehnice complexe de pe cursurile de apă din zonă. În acest scop, se vor lua în considerare datele existente la Consiliul Naţional al Apelor şi la organele judeţene, cu privire la dezvoltarea teritoriului.

Măsurile de apărare a instalaţiilor electrice vor ţine seama de necesităţile de curgere normală a apelor mari în zonele cursurilor de apă influenţate.

Instalaţiile electrice trebuie să fie verificate în două situaţii, în ceea ce priveşte inundarea zonei amplasamentului provenită din revărsarea rîurilor :

a) Situaţia normală, în care nu se produc înrăutăţiri ale condiţiilor normale de funcţionare şi de exploatare a instalaţiilor.

b) Situaţia excepţională, în care se admit dificultăţi temporare de exploatare (de exemplu, inundarea platformei), scoaterea din funcţiune a unor instalaţii auxiliare şi reducerea temporară a unor coeficienţi de siguranţă, instalaţiile principale rămînînd însă în funcţiune. În acest sens, se admite din punct de vedere tehnologic ca teritoriul instalaţiilor electrice să fie acoperit de apă parţial sau total, cu îndeplinirea următoarelor condiţii :

— planşeul inferior al clădirilor tehnologice (pardoseala parterului) să rămînă deasupra nivelului de calcul al apelor, sub acest planşeu putîndu-se găsi numai cabluri ;

— distanţa dintre părţile neizolate, aflate sub tensiune, ale instalaţiilor exterioare şi nivelul de calcul al apelor să fie cel puţin egală cu distanţa minimă de izolare A_0 faţă de elementele legate la pămînt, indicată în cap. 4 pentru tensiunea nominală respectivă ;

— nivelul de calcul al apelor să nu atingă izolatoarele, nici acele părţi ale instalaţiilor principale care pot determina scoaterea din funcţiune a acestora ;

— să poată fi făcută manevrarea întreruptoarelor şi, pe cît posibil, şi a separatoarelor de comutare.

În cazul platformelor inundabile se vor prevedea măsurile necesare pentru ca, după retragerea apelor, să fie posibilă evacuarea cantităţilor de apă rămase în diverse cavităţi (subsoluri, canale de cabluri etc.).

De asemenea, în cazul instalaţiilor cu personal permanent sau semipermanent, se vor prevedea măsurile necesare pentru menţinerea unui mijloc de telecomunicaţii cu personalul, în caz de inundaţie.

2.1.7. Încadrarea staţiilor electrice după importanţa lor în cadrul sistemului energetic (criteriul A din art. 2.1.6.), în vederea stabilirii măsurilor de apărare necesare împotriva efectelor dăunătoare ale apelor, se va face astfel :

— în privinţa viiturilor de-a lungul cursurilor de apă, conform indicaţiilor din tabelul 1, în funcţie de tensiunea nominală ;

Tabelul 1

◆ Încadrarea staţiilor electrice în vederea stabilirii măsurilor de apărare necesare împotriva efectelor dăunătoare ale apelor provenite din viitură de-a lungul cursurilor de apă

Tensiunea nominală a staţiei electrice, kV	Probabilitatea de depăşire a debitelor maxime anuale (%) respectiv frecvenţa (1/ani)			
	Situaţii normale de exploatare		Situaţii excepţionale de exploatare	
	%	1/ani	%	1/ani
400 *	0,5	1/200	0,05	1/2000
400, 220	1	1/100	0,2	1/500
110	2	1/50	0,5	1/200
20 ... 60	5	1/20	1	1/100
<20	10	1/10	3	1/33

* Numai în staţiile de 400 kV cu mai mult de 4 circuite (linii, generatoare, transformatoare).

Tabelul 2

◆ **Încadrarea stațiilor electrice în vederea stabilirii măsurilor de apărare necesare împotriva efectelor dăunătoare ale apelor provenite din ploi locale excepționale**

Tensiunea nominală a stației electrice, kV	Frecvența medie anuală de depășire a duratei sau intensității unei ploi locale excepționale, 1/ani
400 *	1/5
400, 220	1/3
110	1/2
20...60	1/1
<20	1/0,5

* Numai în stațiile de 400 kV cu mai mult de 4 circuite (linii, generatoare, transformatoare).

— în privința inundațiilor provocate de ploi locale excepționale, conform indicațiilor din tabelul 2, în funcție de tensiunea nominală;

— în privința ridicării nivelului apelor subterane, prin considerarea în toate cazurile a unui nivel maxim anual a cărui frecvență de depășire să fie o dată la 10 ani.

Pentru stațiile electrice cu mai multe tensiuni nominale (stații de transformare), se ia în considerare încadrarea corespunzătoare tensiunii celei mai ridicate. Se admite să se prevadă măsuri de apărare distincte pentru fiecare stație de o anumită tensiune nominală, conform încadrării respective, dacă această soluție este mai avantajoasă din punct de vedere tehnico-economic.

În cazul stațiilor aferente centralelor electrice și amplasate pe aceeași platformă cu acestea, se ia în considerare încadrarea cea mai exigentă dintre încadrările determinate separat pentru stație și pentru centrală.

2.1.8. La amplasarea instalațiilor electrice se recomandă a se urmări, în vederea reducerii costului, folosirea unor amenajări existente sau în curs de construire, pentru utilități publice sau pentru alte obiective economice, ca : drumuri și căi ferate, alimentări cu apă, combustibil și căldură, canalizări pentru evacuarea apelor meteorice și menajere, telecomunicații etc.

2.1.9. În vederea sistematizării ieşirii liniilor racordate la o instalaţie (evitarea traversărilor etc.), se pot folosi porţiuni de linii în cabluri pentru tensiunile de 6-20 kV. În cazuri speciale, justificate tehnico-economic, se admite folosirea ieşirilor în cablu şi pentru tensiuni mai mari.

2.1.10. La amplasarea instalaţiilor electrice, se va ţine seama de posibilitatea de extindere a acestora. De regulă, intervalul de timp pentru care se va asigura această posibilitate va fi de circa 10—15 ani.

2.1.11. Distanţele minime de amplasare a instalaţiilor electrice în raport cu alte construcţii, din punctul de vedere al pericolului de incendiu sînt cele din tabelul 3.

Măsurarea lor se va face la instalaţiile electrice de exterior de la cel mai apropiat echipament electric, iar la instalaţiile electrice de interior de la pereţii încăperii în care există instalaţii electrice cu tensiunea peste 1 kV.

Tabelul 3

Distanţele minime de amplasare a instalaţiilor electrice în raport cu alte construcţii

Poz.	Tipul instalaţiei electrice	Gradul de rezistenţă la foc al construcţiei vecine	Distanţa minimă în funcţie de categoria de pericol de incendiu a construcţiei vecine, m		
			A, B	C	D, E
1	Instalaţii electrice de tip interior	I, II	20	12	10
	Instalaţii electrice de tip exterior cu tensiunea nominală mai mică de 110 kV	III	—	14	12
	Posturi de transformare de tip interior şi exterior	IV, V	—	16	14
2	Instalaţii electrice de tip exterior cu tensiunea nominală de 110 kV sau mai mare	I, II	25	16	14
		III	—	20	16
		IV, V	—	25	20

NOTĂ:

1. Amplasarea instalaţiilor electrice faţă de clădiri civile se face la distanţele corespunzătoare categoriilor D, E.

2. Depozitele deschise de materiale se asimilează, ca grad de rezistenţă la foc şi categorie de pericol de incendiu, cu construcţiile în funcţie de natura materialului depozitat.

Excepţiile sînt indicate în art. 2.1.12. (a se vedea şi art. 2.1.13.).

2.1.12. Se prevăd următoarele excepţii de la art. 2.1.11. (a se vedea şi art. 2.1.13.) :

a) Instalaţiile electrice de exterior pot fi amplasate faţă de construcţiile industriale de gradul I, II sau III de rezistenţă la foc şi de categoria de pericol de incendiu C, D sau E, la dis-

Tabelul 4

Amplasarea instalaţiilor electrice de tip interior, cu alimentări şi distribuţii subterane, faţă de construcţiile industriale şi civile, în condiţii speciale

Nr. crt.	Caracteristicile construcţiei vecine			Condiţii pentru instalaţia electrică	Modul de amplasare admis
	Destinaţia	Categoria de pericol de incendiu	Gradul de rezistenţă la foc *		
1	Construcţii industriale	A, B	I, II	Să deservească numai instalaţiile din clădirea respectivă	La distanţă nenormată sau alipită pe o singură latură **
		C, D, E	I, II	—	La distanţă nenormată, alipită sau înglobată
			III	Să deservească numai instalaţiile din clădirea respectivă	
2	Clădiri civile	—	I, II, III	—	La distanţă nenormată sau alipită pe o singură latură; punctele de alimentare şi posturile trafo pot fi alipite pe mai multe laturi sau înglobate ***

* Nu se admite amplasarea instalaţiilor electrice la distanţe nenormate sau alipite faţă de construcţiile industriale şi civile de gradul IV şi V de rezistenţă la foc sau înglobate în astfel de construcţii.

** În cazul alipirii de construcţii conţinînd vapori sau gaze inflamabile, pereţii despărţitori trebuie să fie etanşi; în caz contrar, în încăperile adiacente ale instalaţiilor electrice, trebuie să se asigure o suprapresiune permanentă.

*** Se admite înglobarea în aceeaşi clădire a maximum două posturi de transformare, avînd fiecare cel mult două transformatoare cu o putere maximă unitară de 1000 kVA.

tanțe stabilite numai din considerente tehnologice, deci fără respectarea valorilor minime din tabelul 3, cu condiția ca instalațiile electrice să deservească direct construcțiile respective.

În aceste cazuri se vor respecta prevederile din art. 4.3.8, privind executarea în condiții de securitate a unor lucrări la părțile exterioare ale construcțiilor industriale vecine. Dacă în instalația electrică există echipamente cu peste 60 kg ulei pe cuvă se vor respecta și prevederile din art. 6.3.2. și 6.6.2.

b) Instalațiile electrice de interior, cu alimentări și distribuții subterane, pot fi amplasate față de construcțiile industriale și civile la distanțe mai mici decît cele din tabelul 3 sau alipite ori înglobate în aceste construcții, în cazurile și în condițiile prevăzute în tabelul 4 și în art. 5.1.5. și 6.3.3., pct. f.

◆ c) Instalațiile electrice de exterior sau de interior pot fi amplasate la orice distanță față de construcțiile industriale sau civile, fără să fie necesară îndeplinirea altor condiții, dacă se prevede o separare cu pereți antifoc între instalațiile electrice și construcțiile vecine. În acest scop, pereții antifoc pot fi prevăzuți fie la instalațiile electrice, fie la construcțiile vecine.

Realizarea pereților antifoc trebuie să se facă conform indicațiilor cuprinse în normativul republican de protecție contra incendiilor.

d) Distanțele între instalațiile electrice subterane cu alimentări și distribuții subterane și construcțiile industriale sau civile se stabilesc numai din considerente tehnologice.

e) În mediul rural sau cu regim de construcție similar în mediul urban, posturile de transformare se pot amplasa față de clădiri la distanțele minime indicate în tabelul 5.

Tabelul 5

Distanțele minime de amplasare a posturilor de transformare față de clădiri în mediul rural sau cu regim de construcție similar în mediul urban

Natura clădirilor vecine	Distanțe în funcție de gradul de rezistență la foc al clădirilor vecine, m	
	I, II, III	IV, V
Clădiri de producție agrozootehnice și clădiri social-administrative	10	15
Clădiri de locuit și anexele lor	4	6

2.1.13. Amplasarea instalațiilor electrice supraterane în apropierea spitalelor, creșelor, grădinițelor de copii, școlilor și a clădirilor cuprinzînd încăperi cu aglomerări de persoane, se va face totdeauna la distanțe cel puțin egale cu cele indicate în tabelul 3.

Instalațiile electrice subterane, înglobate în clădiri civile sau industriale conform art. 2.1.12. pct. d, precum și posturile de transformare înglobate în clădiri civile conform tabelului 4, poz. 2, nu se vor amplasa sub sau deasupra încăperilor cu aglomerări de persoane, a sălilor de operație și a saloanelor pentru bolnavi din spitale, a încăperilor destinate persoanelor care nu se pot evacua singure, a sălilor de învățămînt, a încăperilor conținînd obiecte sau aparataj de mare valoare, a căilor de evacuare. În cazul înglobării instalațiilor electrice în astfel de clădiri, se vor respecta prevederile normelor P.S.I. privitoare la separarea porțiunilor de clădire.

2.2. Amplasarea instalațiilor de exterior

2.2.1. Se vor respecta condițiile generale de amplasare din subcap. 2.1.

2.2.2. La amplasarea instalațiilor electrice este necesar să fie respectate măsurile prevăzute în prescripțiile de proiectare a instalațiilor electrice din zone poluate (PE 109).

2.2.3. În cazul amplasării instalațiilor electrice în centre populate, dacă se folosesc întreruptoare cu aer comprimat, poate fi necesar să se ia anumite măsuri în vederea respectării nivelului de zgomot indicat de standardele și prescripțiile în vigoare.

2.2.4. Amplasarea instalațiilor electrice din exterior față de copaci mai înalți de 4 m se va face, de regulă, la distanțe cel puțin egale cu înălțimea aproximativă, pe care o pot atinge copacii, în scopul evitării căderii acestora peste instalațiile electrice.

2.2.5. În cazul instalațiilor electrice de exterior amplasate în păduri, vor fi respectate directivele privind defrișările de păduri, valabile pentru liniile electrice aeriene.

2.3. Amplasarea instalaţiilor de interior

2.3.1. Se vor respecta condiţiile generale de amplasare din subcap. 2.1.

2.3.2. Nu este permisă, de regulă, amplasarea instalaţiilor electrice în încăperi umede, cu acţiune chimică dăunătoare, cu praf, cu temperatură ridicată şi cu pericol de incendiu sau de explozie.

Dacă amplasarea instalaţiilor electrice în condiţiile de mediu de mai sus este necesară din punctul de vedere al procesului de producţie, amenajarea acestor instalaţii şi alegerea echipamentului se vor face cu respectarea normativelor speciale pentru funcţionarea instalaţiilor electrice în asemenea medii.

2.3.3. Amplasarea instalaţiilor electrice în spaţii de producţie deservite de macarale, poduri rulante, monoraiuri sau alte mecanisme de transport şi de ridicare se va face în afara zonelor de lucru ale acestor mecanisme.

2.3.4. În spaţiile de producţie (definite în art. 1.2.3. pct. a) pot fi amplasate numai instalaţii electrice de tip închis, respectîndu-se indicaţiile din art. 5.1.3. şi 6.3.3. pct. f.

3. SCHEME DE CONEXIUNI ŞI ALEGEREA ECHIPAMENTULUI ELECTRIC

3.1. Schema de conexiuni a unei instalaţii electrice trebuie să fie simplă şi clară şi să permită efectuarea rapidă şi lipsită de pericol a manevrelor.

3.2. Se admite ca părţi ale instalaţiei, care sînt în mod normal separate, să fie conectate pentru scurte intervale de timp (de exemplu, în cursul executării unor manevre), chiar dacă în aceste intevale de timp puterea de scurtcircuit depăşeşte valoarea nominală pentru care este dimensionată insta-

lația. În astfel de situații trebuie să se prevadă măsuri în vederea evitării eventualelor accidente de persoane în cazul unui scurtcircuit.

3.3. Întreruptoarele vor fi prevăzute de regulă pe acele circuite pentru care nu se pot asigura cu alte aparate mai ieftine (separatoare de sarcină, siguranțe de înaltă tensiune, dispozitive de scurtcircuitare automată etc.) condițiile de deconectare a curenților de scurtcircuit, selectivitatea protecției și operațiile de automatizare necesare.

3.4. Schema electrică a instalației și echipamentului prevăzut trebuie să permită realizarea instalațiilor pentru măsură și protecție, precum și a altor instalații necesare (de exemplu, automatizare, telemecanică etc.).

3.5. Schema de conexiuni trebuie să permită separarea de lucru a întregii instalații, cît și a unor părți ale instalației (fig. 1 și 2) dacă acest lucru este necesar pentru executarea lucrărilor fără întreruperea funcționării întregii instalații.

Se admite să nu se prevadă o separare de lucru specială pentru următoarele elemente din schemă :

— transformatoarele de tensiune și descărcătoarele de pe linii a căror separare de lucru se poate face odată cu linia ;

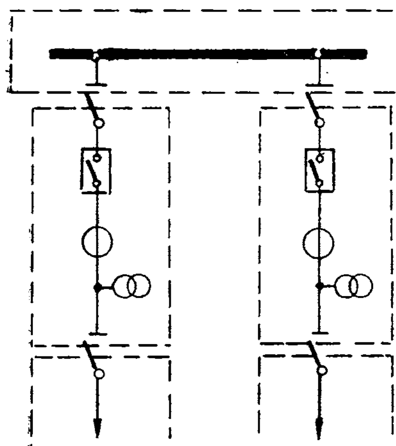


Fig. 1

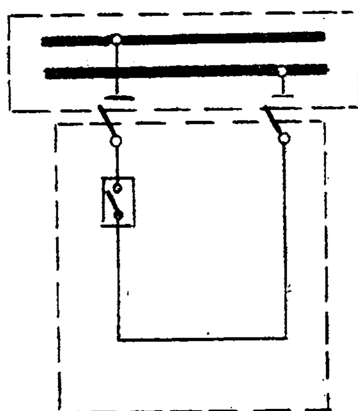
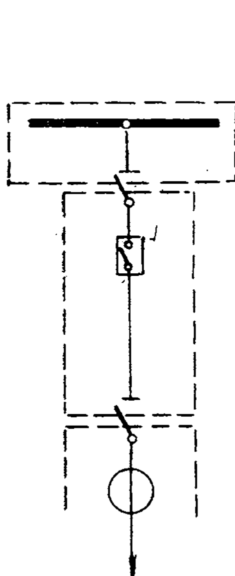
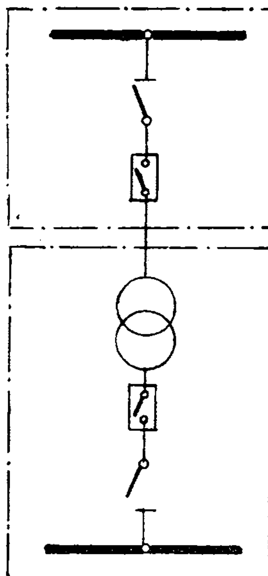
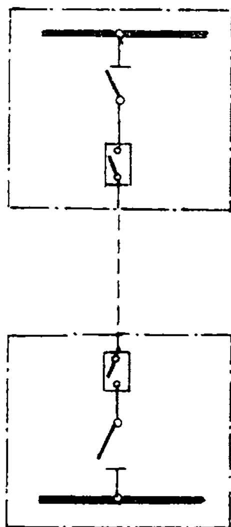


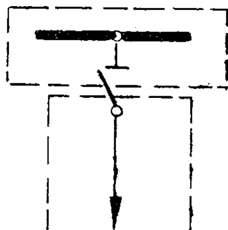
Fig. 2


Fig. 3


Fig. 4


Fig. 5

— descărcătoarele montate la bornele transformatoarelor și ale autotransformatoarelor și la punctele neutre ale acestora, a căror separare de lucru se poate face odată cu transformatoarele și autotransformatoarele respective ;


Fig. 6

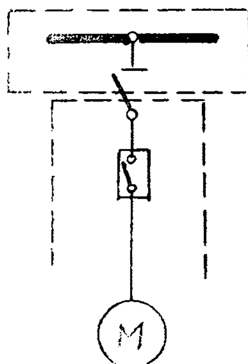


Fig. 7

— bobinele şi condensatoarele pentru instalaţia de înaltă frecvenţă pentru telecomunicaţii, a căror separare de lucru se poate face odată cu linia.

În unele cazuri, condiţionate de considerente constructive şi de schemă, se admite montarea transformatoarelor de curent dincolo de separatorul de linie (fig. 3), astfel încît separarea de lucru a acestuia să se facă odată cu linia.

Dacă punctele de separare aparţin unor organizaţii de exploatare diferite (fig. 4) sau, dacă ele nu se găsesc în aceeaşi instalaţie, ci se află la distanţă (fig. 5), condiţia de separare de lucru se consideră îndeplinită numai dacă poate fi asigurată o responsabilitate unică pe timpul separării de lucru, la toate punctele de separaţie.

3.6. De regulă separarea de lucru trebuie să fie făcută pe toate părţile.

O separare de lucru numai pe o singură parte (spre alimentare) este admisă în cazurile în care nu poate să apară tensiune inversă pe partea din instalaţie care nu a fost separată. Acesta este cazul, de exemplu, al liniilor radiale (fig. 6), al circuitelor de motoare electrice (fig. 7), al generatoarelor care lucrează fără a fi conectate la o reţea publică. În asemenea cazuri, se vor lua măsuri corespunzătoare pentru prevenirea apariţiei unor tensiuni inverse prin intermediul transformatoarelor de putere, transformatoarelor de măsură, baretelor de sincronizare etc.

3.7. Ca elemente de separare urmează a fi folosite numai aparatele sau dispozitivele cu întreruperea vizibilă a circuitului, cu spaţiul de întrerupere dimensionat în conformitate cu standardul în vigoare pentru coordonarea izolaţiei şi îndeplinind condiţiile de rigiditate dielectrică prevăzute în acest standard pentru intervalele de separare ale separatoarelor.

Se admit separări de lucru fără întreruperea vizibilă a circuitului, dar cu semnalizări de poziţie sigure, numai la instalaţiile capsulate şi la instalaţiile interioare de tip închis.

3.8. Orice parte a unei instalaţii trebuie să poată fi scurtcircuitată şi legată la pămînt. În acest scop se pot folosi fie instalaţii fixe, ca separatoare (contacte) de legare la pămînt, fie scurtcircuitoare mobile.

Se vor prevedea instalații fixe de legare la pămînt în următoarele situații :

— pentru legarea la pămînt a liniilor la toate tensiunile (pentru celulele de linie cu tensiuni pînă la 20 kV inclusiv, se admite și legarea la pămînt numai cu dispozitive mobile) ;

— pentru legarea la pămînt a barelor colectoare și de transfer la instalații de 110 kV și mai mult ;

— de regulă și pentru legarea la pămînt a porțiunilor de circuit dintre separatoarele de bare și cel de linie la celulele stațiilor de 220 kV și mai mult.

3.9. Echipamentul instalațiilor electrice va corespunde, de regulă, cel puțin condițiilor de mediu indicate în tabelul 6.

Tabelul 6

Condiții climatice în România pentru alegerea echipamentului

Denumirea	Valori	
	Instalații interioare	Instalații exterioare
Temperatura maximă a aerului (valoare momentană), °C	+40	+40
Temperatura minimă a aerului (valoare momentană), °C	—5	—30
Umiditatea relativă maximă a aerului (indiferent de temperatură), %	70	100

NOTĂ:

1) Valorile de mai sus sînt valabile pînă la altitudinea de 1 000 m.

2) Valorile indicate pentru instalațiile interioare vor fi asigurate prin climatizarea încăperilor, dacă este necesar.

Pentru calculul mecanic al conductoarelor flexibile din instalațiile exterioare vor fi respectate condițiile indicate în tabelul 7 și anexa I.

Pentru altitudini mai mari de 1 000 m deasupra nivelului mării, se procedează astfel :

— se majorează tensiunile de încercare pentru părțile izolante în aer cu 1,25% pentru fiecare 100 m creștere de altitudine, între 1 000 și 3 000 m sau se aleg aparate cu o tensiune nominală corespunzător mai mare ;

Tabelul 7

Condiţii climatice în România pentru calculul mecanic al conductoarelor flexibile din instalaţiile exterioare

Condiţii de calcul		Unitatea de măsură	Zona climatică (conform hărţii din anexa I)			Zone de munte cu altitudine peste 1000 m
			I a	I b	II	
Temperatura aerului	Minima	°C	—30	—30	—30	—30
	Cînd conductoarele sînt acoperite cu chiciură	°C	—5	—5	—5	—5
	Cînd vîntul are viteza maximă	°C	—5	—5	—5	—5
Viteza vîntului la înălţimi pînă la 30 m deasupra solului	Maxima ($V_{max.}$)	m/s	35	30	27	40
	Cînd conductoarele sînt acoperite cu chiciură (V_c)	m/s	20	15	13	20
Grosimea stratului de chiciură (cu densitatea de 0,75 kg/dm³)		mm	23	17	13	25

NOTĂ:

1) În cazul conductoarelor fasciculare, presiunea vîntului care rezultă din valorile de mai sus se va considera 100% pentru primul conductor şi 50% pentru fiecare din celelalte conductoare ale fasciculului care se găsesc în acelaşi plan orizontal.

2) Greutatea depunerilor de chiciură pe conductoarele verticale se va considera egală cu 50% din cea determinată pentru conductoarele situate pe orizontală.

— pentru temperatura aerului, viteza vîntului şi grosimea stratului de chiciură, se procedează conform indicaţiilor din art. 6.7.2.c. ;

— celelalte caracteristici ale echipamentului trebuie să corespundă condiţiilor de presiune şi de temperatură a aerului, în caz de necesitate urmînd a se cere avizul întreprinderii furnizoare.

Pentru instalaţiile de tip interior, asigurarea condiţiilor de mediu indicate în tabelul 6 se poate face prin climatizarea încăperilor dacă este necesar.

În legătură cu gradul de poluare a atmosferei se vor respecta prevederile din normativul PE 109.

3.10. Tensiunea nominală a echipamentului electric va corespunde, de regulă, celei maxime de serviciu a reţelei.

Nivelul de izolaţie al echipamentului şi dispozitivele de protecţie corespunzătoare trebuie să fie astfel alese, încît instalaţiile electrice să fie apărate împotriva efectelor distructive ale supratensiunilor atmosferice şi ale celor interne. În acest scop se vor respecta prevederile din normativul PE 109.

Se admite utilizarea unui echipament cu tensiunea nominală mai mare decît cea a reţelei, în cazuri bine justificate, ca de exemplu :

— în vederea trecerii ulterioare a reţelei la o tensiune superioară ;

— cînd nu se poate procura echipament cu tensiunea corespunzătoare ;

— la altitudini mai mari de 1 000 m, conform art. 3.9.

Se admite utilizarea unui echipament cu tensiunea nominală mai mică decît cea a reţelei în cazuri speciale, de exemplu transformatoarele de curent şi izolatoarele de pe legătura la pămînt, directă şi permanentă, a unor puncte neutre ale reţelei. Nivelul de izolaţie al acestui echipament trebuie să corespundă supratensiunilor normate care pot apare în locul de instalare.

În toate cazurile de mai sus, caracteristicile echipamentului la tensiunea de utilizare trebuie să fie corespunzătoare.

3.11. Nivelul de izolaţie al echipamentului instalaţiilor electrice trebuie să fie verificat prin încercări, fie în laborator, fie la locul de montare, în conformitate cu standardele în vigoare.

În cazul instalaţiilor formate din elemente asamblate la faţa locului, la care distanţele de izolare în aer ale ansamblului nu pot fi verificate prin încercări asupra nivelului de izolaţie, se consideră că nivelul de izolaţie este respectat din punctul de vedere al acestor distanţe, dacă ele sînt cel puţin egale cu valorile minime indicate în subcap. 4.2. şi 5.2.

3.12. Verificarea echipamentului electric în condiţiile curenţilor de scurtcircuit trebuie să se facă conform indicaţiilor din instrucţiunea PE 103.

3.13. Echipamentul instalaţiilor electrice trebuie să corespundă condiţiilor de la locul de instalare, în ceea ce priveşte caracteristicile specifice fiecărui tip de echipament, conform instrucţiunilor de proiectare departamentale corespunzătoare.

3.14. Întreruptoarele și separatoarele de sarcină a căror capacitate de rupere și de închidere nominală este mai mică decît puterea de scurtcircuit de la locul de instalare pot fi folosite dacă se iau măsuri ca ele să nu fie puse în situația de a întrerupe în mod automat curenții de scurtcircuit depășind capacitatea lor de rupere nominală, precum și măsuri de protecție a personalului de exploatare pentru cazul închiderii pe un scurtcircuit, de exemplu comandă la distanță, ecrane de protecție, testarea circuitului care urmează a fi pus sub tensiune.

3.15. În instalațiile electrice cu tensiunea nominală pînă la 20 kV inclusiv, în cazul racordării la barele colectoare a unor transformatoare de tensiune, se recomandă să se ia măsuri de protecție a barelor colectoare împotriva influenței defectelor produse la transformatoarele de tensiune racordate. Protecția barelor colectoare se poate realiza în acest caz, de exemplu, prin siguranțe fuzibile.

4. INSTALAȚII ELECTRICE DE EXTERIOR

4.1. Condiții generale

4.1.1. Teritoriul (incinta) instalațiilor electrice de exterior este considerat spațiu de producție electrică. El trebuie să fie delimitat printr-o îngrădire de incintă, înaltă de 2 m, confecționată din materiale incombustibile și prevăzută cu indicatoare de securitate în număr corespunzător.

Transformatoarele, aparatele sau căile de curent instalate în aer liber, amplasate izolat, trebuie, de asemenea, să fie îngrădite în același mod.

La instalațiile fără personal permanent de exploatare, situate în zone nelocuite, gardul trebuie să fie supraînălțat cu trei rînduri de sîrmă ghimpată.

Teritoriul aferent nu se consideră spațiu de producție electrică și nu se prevăd îngrădiri de incintă în următoarele cazuri :

— la posturile de transformare pe stîlpi ;

— la aparatele şi la căile de curent instalate în aer liber, a căror înălţime faţă de sol corespunde prescripţiilor pentru proiectarea şi construirea liniilor electrice aeriene cu tensiuni peste 1 kV ;

— la instalaţiile de tip închis montate în incintele întreprinderilor industriale, dacă nu există posibilitatea efectuării unor manevre de către persoanele necalificate care circulă în apropiere (datorită unor comutatoare de comandă, manete, butoane etc. liber accesibile).

4.1.2. În cazul existenţei în incinta instalaţiilor electrice de exterior a unor construcţii anexe (ateliere, turnuri de decuvare, gospodării de ulei etc.), unde îşi desfăşoară în mod permanent activitatea persoane neinstruite în exploatarea instalaţiilor electrice cu tensiuni peste 1 kV sau persoane care nu fac parte din personalul de exploatare al acestor instalaţii, spaţiile de producţie electrică de exterior trebuie separate suplimentar faţă de aceste construcţii anexe, printr-o îngrădire de protecţie incombustibilă, înaltă de cel puţin 1,5 m şi prevăzută cu indicatoare de securitate în număr corespunzător.

Separarea nu este obligatorie pe laturile clădirilor anexe, constituite din pereţi plini (fără uşi şi fără ferestre care se pot deschide).

4.1.3. Delimitarea spaţiilor de producţie electrică aparţinînd unor organizaţii de exploatare diferite poate fi făcută prin îngrădiri de tipul cel mai simplu, de exemplu prin cordoane de PVC.

4.1.4. Dispoziţiile constructive ale instalaţiilor electrice exterioare trebuie să fie astfel alese, încît:

— să permită efectuarea lucrărilor de deservire a instalaţiilor ;

— să se evite pe cît posibil producerea şi extinderea incidentelor ;

— în caz de necesitate, să se poată face scoaterea parţială de sub tensiune a instalaţiei, în vederea executării unor lucrări, cu respectarea măsurilor prevăzute în normele de protecţie a muncii pentru instalaţiile electrice.

4.1.5. Se vor prevedea lanţuri duble de izolatoare pentru suspendarea conductoarelor flexibile în următoarele cazuri :

— lanțuri de izolatoare tip capă și tijă, susținînd conductoare ce supratraversează bare colectoare ;

— lanțuri de izolatoare tip tijă, susținînd conductoare ce supratraversează bare colectoare sau echipamente electrice aparținînd altor circuite.

4.1.6. În proiect se vor indica locurile unde se prevede a fi racordate scurtcircuitoarele mobile și care vor avea suprafețe de contact corespunzătoare.

4.1.7. Toate părțile metalice de susținere ale unei instalații electrice trebuie să fie protejate împotriva coroziunii. Această prevedere se aplică și pentru părțile ce se găsesc sub nivelul solului.

4.1.8. În cazul aparatelor care necesită îngrădiri de protecție, este necesar să se ia măsuri pentru evitarea pericolului pe care îl poate prezenta dezvoltarea unei vegetații înalte în interiorul îngrădirii și a problemei curățirii ei. În acest scop, se recomandă acoperirea spațiului corespunzător cu balast.

4.2. Distanțe de izolare în aer

4.2.1. Pentru instalațiile sau părțile de instalație asamblate în locul de exploatare, la care izolația în aer între elementele componente aflate sub tensiune, precum și între acestea și elementele legate la pămînt, nu poate fi verificată prin încercări asupra nivelului de izolație (conform art. 3. 11.), asigurarea nivelului de izolație trebuie să se facă prin respectarea prevederilor din articolele următoare.

4.2.2. Distanțele minime de izolare în aer între părțile conductoare aflate sub tensiune și aparținînd unor faze diferite (notate cu A), precum și între acestea și elementele legate la pămînt (notate cu A_0) sînt indicate în figurile 8 și 9 și în tabelul 8.

4.2.3. În cazul conductoarelor flexibile, la stabilirea distanțelor de izolare în aer trebuie să se țină seama de deplasările posibile datorate variațiilor de temperatură, sarcinilor suplimentare (chiciură și vînt) și efectelor electrodinamice la scurtcircuit.

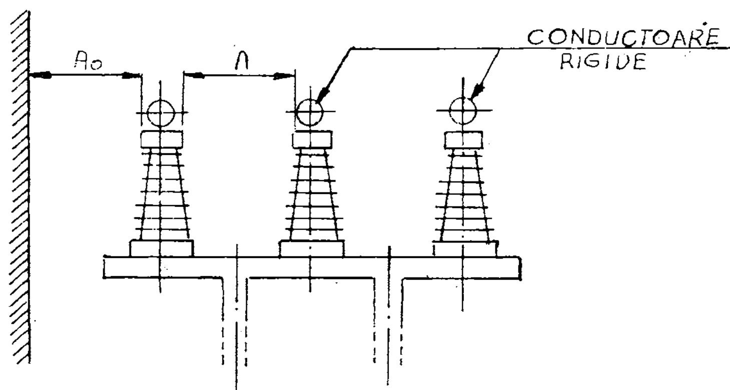
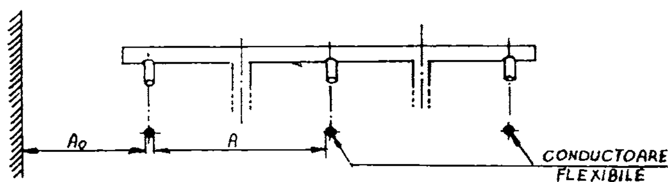
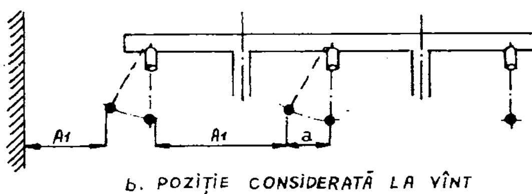


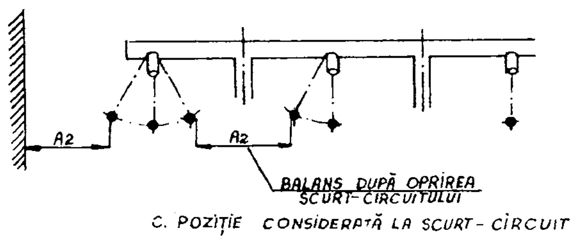
Fig. 8



a. POZIŢIE DE ECHILIBRU



b. POZIŢIE CONSIDERATĂ LA VÎNT



c. POZIŢIE CONSIDERATĂ LA SCURT-CIRCUIT

Fig. 9

Tabelul 8

Instalații electrice de exterior, distanțe minime de izolare în aer și de protecție

Numărul articolului	Numărul figurii	Simbolul și relația de calcul kV, mm	Distanțe minime (mm) la diverse tensiuni nominale (kV)						
			≦10 kV	20 (15) kV	(35) kV	(60) kV	110 kV	220 kV	400 kV
4.2.2.; 4.2.3.; 4.2.9.; 4.2.10.; 4.3.7.; 4.3.8.	8, 9	A_0	200	300	400	650	900	1800	3100
4.2.2.; 4.2.3.; 4.2.7.; 4.2.8.; 4.2.9.; 4.2.10.; 4.3.12.	8, 9	$A=1{,}1\ A_0$	220	330	440	700	1000	2000	3400
4.2.4.	9	$A_1=U_n/0{,}15$ $(A_1 \geqslant 200)$	200	200	250	400	750	1500	2700
4.2.5.	9	$A_2=A_0/2$ $(A_2 \geqslant 200)$	200	200	200	330	450	900	1550
4.3.4.	10	$B_1=A_0+30$ $B_2=A_0+100$ $B_3=A_0+750$	230 300 950	330 400 1050	430 500 1150	680 750 1400	930 1000 1650	1830 1900 2550	3130 3200 3850
4.3.5.; 4.3.8.	11, 12, 13	$C=A_0+2500$	2700	2800	2900	3150	3400	4300	5600
4.3.7.; 4.3.8.	12, 13	$D=A_0+1250$	1450	1550	1650	1900	2150	3050	4350
4.3.5.; 4.3.7.; 4.3.8.; 4.3.9.	11, 12, 13	$E=A_0+600$	800	900	1000	1250	1500	2400	3700
◆ 4.3.9.	14	$F=A_0$ $(F \geqslant 500)$	500	500	500	650	900	1800	3100
4.3.10.	15	$G=A_0+1500$	1700	1800	1900	2150	2400	3300	4000

NOTĂ:

1) Tensiunile din paranteză nu sînt standardizate.
2) Pentru tensiuni nominale egale sau mai mari decît 60 kV, distanțele se referă la instalații din rețele cu neutrul legat efectiv la pămînt.

Conductoarele se pot apropia între ele, față de alte piese aflate sub tensiune și față de elementele legate la pămînt la distanțe mai mici decît cele determinate conform art. 4.2.2., pentru scurte intervale de timp, adică în timpul balansului datorat vîntului și în timpul scurtcircuitelor. Distanțele minime corespunzătoare, permise în aceste cazuri, sînt indicate în art. 4.2.4. și 4.2.5.

În poziție nedeplasată a conductoarelor trebuie să fie respectate distanțele indicate în art. 4.2.2.

4.2.4. Distanțele minime de izolare în aer (notate cu A_1 în fig. 9) ale conductoarelor flexibile aflate sub tensiune, față de alte elemente sub tensiune sau legate la pămînt, în timpul balansului datorat vîntului, sînt indicate în tabelul 8.

Deplasarea „a" a unui conductor (fig. 9) poate fi determinată aproximativ cu relația :

$$a = f \sin \alpha,$$

în care f este săgeata conductorului la temperatura de +15°C, în punctul de apropiere, iar unghiul α este definit prin relația:

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{p}{q},$$

în care : p este greutatea unitară a conductorului, daN/m ;
q — forța unitară datorată vîntului pe conductor, daN/m.

Pentru determinarea forței unitare datorate vîntului, viteza acestuia se adoptă egală cu 60% din valoarea maximă luată în considerare la calculul mecanic al conductoarelor flexibile (tabelul 7).

La determinarea distanțelor minime, se va considera că acțiunea vîntului asupra conductoarelor se manifestă în cazul a două faze vecine, în sensul apropierii unei singure faze, cealaltă rămînînd nedeplasată.

4.2.5. Distanțele minime de izolare în aer (notate cu A_2 în fig. 9) ale conductoarelor flexibile aflate sub tensiune, față de alte elemente sub tensiune sau legate la pămînt, în timpul scurtcircuitelor, sînt indicate în tabelul 8.

4.2.6. Distanțele minime de izolare în aer dintre elementele mobile riguros și sigur ghidate, ale instalațiilor electrice, față de alte elemente ale acestor instalații, trebuie să corespundă indicațiilor din art. 4.2.2., cu condiția ca aceste distanțe să fie respectate în orice situație, indiferent dacă elementele mobile sînt în mișcare sau în repaus.

Din această categorie fac parte, de exemplu, contactele mobile ale separatoarelor și cele ale separatoarelor de legare la pămînt, suporturile rabatabile ale corpurilor de iluminat etc.

4.2.7. Distanțele dintre două piese sub tensiune, care pot să se găsească la aceleași tensiuni nominale, însă nesincrone între ele, trebuie să fie cel puțin egale cu [1, 2] ori distanța A din tabelul 8.

4.2.8. Distanțele dintre părțile sub tensiune ale unor instalații care funcționează la tensiuni nominale diferite trebuie să fie cel puțin egale cu 1, 2 ori distanța A prescrisă pentru tensiunea nominală cea mai mare (tab. 8).

4.2.9. Pentru instalațiile amplasate la mare altitudine, distanțele de izolare în aer indicate în tabelul 8 trebuie să fie mărite cu 1,25% pentru fiecare 100 m spor peste altitudinea de 1000 m. Această indicație este valabilă numai pînă la altitudinea de 3000 m.

4.2.10. În cazurile în care prin construcția aparatelor la racordarea căilor de curent la bornele acestora, nu se pot respecta distanțele A și A_0 din tabelul 8 se admit distanțe mai mici în zona de racordare, în conformitate cu indicațiile întreprinderii constructoare.

În lipsa acestor indicații distanțele dintre căile de curent și dintre acestea și elementele legate la pămînt trebuie să fie cel puțin egale cu distanțele libere dintre bornele aparatului. Zona de racordare va fi redusă la minimum posibil.

4.3. Distanțe de protecție

4.3.1. În spațiile de producție electrică, protecția personalului împotriva atingerii accidentale a elementelor aflate sub tensiune, în timpul executării lucrărilor curente de exploatare, se asigură printr-una dintre următoarele măsuri :

— amplasarea la înălțime corespunzătoare în zone inaccesibile atingerilor accidentale;

— îngrădiri de protecție definitive, pline sau din plasă (se admite și folosirea balustradelor).

4.3.2. Îngrădirile de protecție definitive, pline sau din plasă, din interiorul incintei unei instalații electrice, trebuie să aibă înălțimea de cel puțin 2 m, iar balustradele trebuie să aibă marginea superioară la cel puțin 1,5 m deasupra solului. Execuția îngrădirilor trebuie realizată în conformitate cu art. 5.3.3.

4.3.3. La amenajarea instalațiilor de exterior trebuie respectate distanțele din tabelul 8. Aceste distanțe pot fi mărite în locurile în care nu poate fi evitată manevrarea unor materiale lungi, care nu sînt izolate pentru tensiunea de exploatare.

4.3.4. Distanța dintre părțile conductoare sub tensiune sau izolate față de pămînt ale instalației și îngrădirile de protecție cu caracter definitiv trebuie să fie cel puțin egală cu distanța B_1, B_2 sau B_3 din tabelul 8, domeniul de protecție fiind indicat în figura 10.

Izolatoarele pot pătrunde parțial sau total în domeniul de protecție, cu condiția asigurării protecției împotriva atingerii accidentale a elementelor aflate sub tensiune prin îngrădiri pline sau din plasă (exemple: fig. 10 a și fig. 10 b).

4.3.5. Elementele instalației aflate sub tensiune și situate la o înălțime mai mare sau cel puțin egală cu distanța C din tabelul 8 față de nivelul solului, respectiv al platformei de deservire, nu necesită de regulă îngrădiri de protecție. Domeniul de protecție (fig. 11) are lățimea E indicată în tabelul 8.

4.3.6. Izolatoarele ale căror părți conductoare aflate sub tensiune se găsesc în condițiile indicate în art. 4.3.5. nu trebuie îngrădite dacă marginea superioară a soclurilor legate la pă-

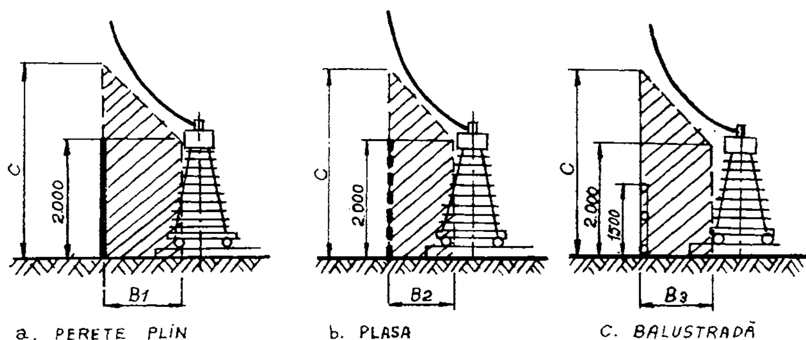


Fig. 10

mînt ale izolatoarelor se află la o înălţime de cel puţin 2300 mm faţă de nivelul solului, respectiv al platformei de deservire (fig. 11).

4.3.7. Distanţa dintre elementele instalaţiilor exterioare, la care se prevede efectuarea unor lucrări de revizie — reparaţii şi părţile vecine, neîngrădite ale instalaţiilor, rămase sub

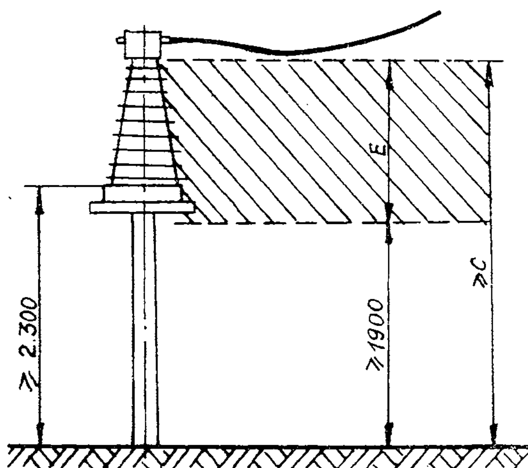


Fig. 11

tensiune sau izolate față de pămînt, trebuie să fie suficientă pentru a permite executarea lucrărilor în condiții de securitate, în conformitate cu normele de protecție a muncii pentru instalații electrice.

În acest scop, distanțele de protecție contra atingerii accidentale a părților neîngrădite aflate sub tensiune sau izolate față de pămînt, măsurate între aceste părți și marginea domeniului permis pentru lucru, trebuie să fie cel puțin egale cu valoarea D din tabelul 8 și figura 12.

Distanțele de protecție de mai sus pot fi reduse pînă la valoarea E din tabelul 8 în următoarele condiții (fig. 12):

— elementele aflate sub tensiune sau izolate față de pămînt se găsesc deasupra domeniului permis pentru lucru ;

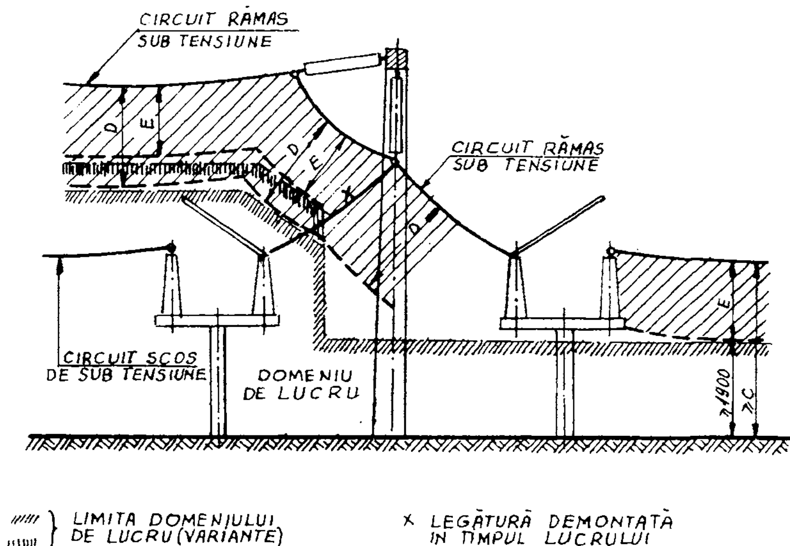


Fig. 12

— se lucrează numai cu scule ușoare (de mînă) ;

— pătrunderea în domeniul de protecție se poate face numai prin ridicarea mîinilor (dar nu prin deplasarea laterală a lucrătorului).

Distanţele faţă de elementele mobile ale instalaţiei, aflate sub tensiune sau izolate faţă de pămînt, trebuie să fie măsurate ţinînd seama de deplasarea posibilă a acestor elemente în timpul lucrului.

Executarea de lucrări la elementele mobile, riguros și sigur ghidate (menționate în art. 4.2.6.), este admisă numai în pozițiile în care sînt respectate distanțele indicate mai sus.

Dimensiunile domeniului de lucru se stabilesc în funcţie de natura lucrărilor de executat şi de modul de manevrare a pieselor şi utilajelor, astfel încît să nu fie necesară pătrunderea voită în zona de protecţie. Înălţimea minimă a domeniului de lucru, măsurată de la planul pe care păşeşte lucrătorul este de 1900 mm. Se va ţine seama de faptul că în cazul instalării unor platforme de acces la echipament, înălțimea lor se recomandă să fie astfel aleasă, încît punctul la care se lucrează să se găsească la circa 1000—1750 mm deasupra platformei, în funcţie de natura operațiilor necesare.

La adoptarea dispozițiilor constructive și a distanțelor respective, se va ţine seama de faptul că în cazul circuitelor suprapuse se poate lucra la circuitul de jos cînd circuitul de sus este sub tensiune. Situația inversă este admisă numai cu justificări și precauții speciale.

Dacă pentru dimensiunile domeniului de lucru nu există indicaţii speciale şi se presupune că se lucrează numai cu scule uşoare, pot fi adoptate următoarele distanţe între circuite, în cazul în care se prevede lucrul la unul dintre circuite, celălalt circuit rămînînd sub tensiune :

— pe orizontală : $A_0 + 2000$ mm

— pe verticală : $A_0 + 750$ mm

4.3.8. Distanţa dintre elementele aflate sub tensiune sau izolate faţă de pămînt ale diverselor părţi ale instalaţiilor de tip deschis şi clădiri tehnologice sau anexe trebuie să fie suficientă pentru a permite executarea în condiţii de securitate a unor lucrări la pereţii sau acoperişul clădirilor, în conformitate cu normele de protecţie a muncii pentru instalaţii electrice. În acest scop se prevăd aceleaşi măsuri ca în art. 4.3.7. (fig. 13).

Distanţa pe verticală dintre părţile sub tensiune sau izolate faţă de pămînt ale instalaţiilor electrice situate deasupra

clădirii și acoperișului acesteia trebuie să fie cel puțin egală cu distanța C din tabelul 8. În caz contrar, este necesară o îngrădire locală (pe acoperiș).

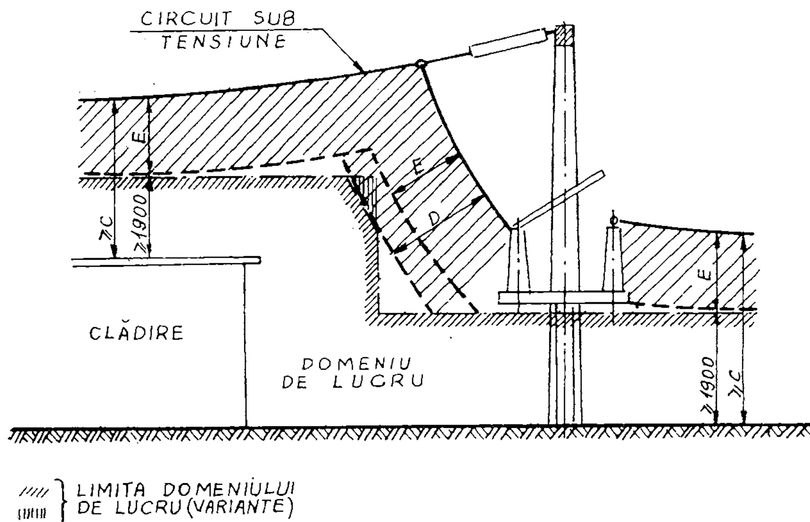


Fig. 13

Condițiile de mai sus nu se referă la elementele circuitelor racordate la instalațiile interioare din clădirea respectivă sau la cele fixate sau ancorate de clădire. Fac excepție, de asemenea, cabinele pentru circuite secundare, servicii proprii și instalații auxiliare, situate în spațiile de producție electrică, față de care se pot adopta distanțe mai mici, luîndu-se măsurile corespunzătoare de protecție a muncii. Aceste distanțe vor fi însă cel puțin egale cu distanța de izolare A_0 din tabelul 8.

◆ **4.3.9.** În interiorul spațiilor de producție electrică, distanța dintre elementele conductoare aflate sub tensiune și gabaritele echipamentelor în curs de a fi transportate, inclusiv utilajele de transport și de ridicare, trebuie să fie cel puțin egală cu distanța E pînă la limita superioară a gabaritului de

transport şi F pe verticală peste această limită (tab. 8 şi fig. 14). În porţiunile în care se prevăd îngrădiri de protecţie cu caracter definitiv, conform art. 4.3.4. gabaritul de transport se consideră pînă la aceste îngrădiri.

În domeniul de protecţie se admite existenţa izolatoarelor cu condiţia ca ele să se găsească la înălţimi cel puţin egale cu limita superioară a gabaritului de transport sau în caz contrar la minimum 600 mm de acestea, iar părţile sub tensiune aferente să se afle în afara acestui domeniu (fig. 14).

În afară de condiţiile de mai sus, în zona de transport trebuie să fie respectate condiţiile indicate în art. 4.3.4., 4.3.5. şi 4.3.6. în legătură cu circulaţia persoanelor.

În documentaţia de proiectare se vor indica gabaritele permise pentru transport, ţinînd seama de condiţia ca vehiculul de transport (inclusiv echipamentul transportat) să se poată abate cu cîte 350 mm de o parte şi de alta a axului drumului în cazul drumurilor amenajate, respectiv faţă de axul în lungul căruia se face transportul în cazul spaţiilor de circulaţie neamenajate.

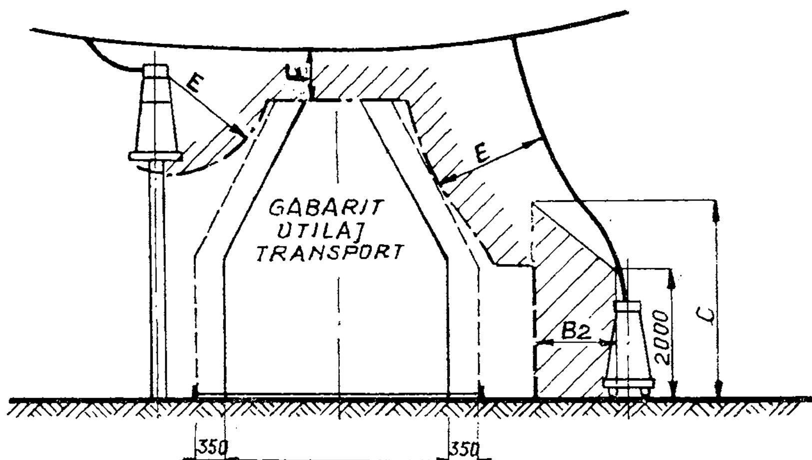


Fig. 14

4.3.10. Distanţa dintre părţile sub tensiune şi îngrădirile spaţiilor de producţie electrică de exterior (conform art. 4.1.1.)

trebuie să fie cel puțin egală cu distanța G din tabelul 8, domeniul de protecție fiind indicat în figura 15. Această prevedere se aplică și în cazul îngrădirilor cu înălțimea mai mică de 2 m (dar de minimum 1,5 m) conform art. 4.1.2.

Cînd înălțimea îngrădirilor este de cel puțin 2 m, se admite ca în interiorul domeniului de protecție să se găsească părți izolate ale instalației (fig. 15), distanța lor pînă la planul îngrădirii trebuind să fie cel puțin egală cu distanța D din tabelul 8.

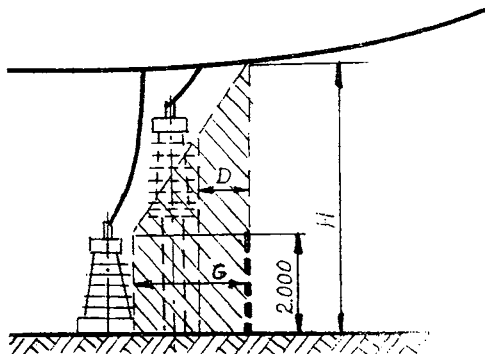


Fig. 15

4.3.11. La părăsirea spațiilor de producție electrică de exterior, înălțimea minimă H față de sol a conductoarelor sub tensiune (fig. 15) se va determina în conformitate cu prevederile normativului pentru construcția liniilor electrice aeriene cu tensiunea mai mare de 1000 V.

4.3.12. În cazul executării unor lucrări cu scoaterea parțială de sub tensiune a instalației, nu trebuie să existe elemente sub tensiune sau elemente izolate față de pămînt ale părților de instalație rămase sub tensiune, care să se afle față de partea scoasă de sub tensiune la o distanță mai mică de 1,2 ori distanța de izolare A din tabelul 8. Această prevedere nu se referă la distanța constructivă a separatorului prin care s-a făcut separarea (între contactele sale deschise).

4.3.13. La instalațiile sub tensiune montate la mare altitudine distanțele de protecție din tabelul 8 se majorează cu creșterea distanței de izolare în aer, calculată conform art. 4.2.9.

4.4. Coridoare și accese

4.4.1. Transportul transformatoarelor la stațiile de transformare se va face de regulă pe drumuri de acces pentru autovehicule.

Această prevedere nu se referă la staţiile provizorii aferente organizărilor de şantier.

4.4.2. Drumurile de acces pentru autovehicule la instalaţiile care nu au racord de cale ferată trebuie amenajate pentru transportul transformatoarelor şi al altor piese grele care se introduc în instalaţie. Se va verifica posibilitatea transportului în ceea ce priveşte gabaritele şi sarcinile admise pe poduri şi drumuri.

Drumurile destinate exclusiv deservirii instalaţiilor de conexiuni şi transformare vor avea o singură bandă de circulaţie şi vor fi construite pînă la locul de descărcare a transformatoarelor şi a celorlalte piese grele. Ele vor fi racordate la drumurile publice pentru autovehicule.

Se vor asigura drumuri pentru accesul pompierilor la diferite construcţii şi instalaţii din incintă, considerînd o distanţă maximă de 200 m de la vehiculul pompierilor pînă la oricare punct al instalaţiei care poate necesita o intervenţie.

4.4.3. Porţile de acces în instalaţiile electrice de exterior trebuie închise cu cheia sau păzite.

În cazul intrărilor prin care accesul este foarte rar, se admit panouri de gard demontabile.

4.4.4. Lăţimea liberă a coridoarelor şi a căilor de circulaţie din incinta instalaţiei (în afara celor menţionate în art. 4.4.2.) trebuie să fie suficientă, după destinaţie, pentru circulaţie sau transport, însă nu mai mică de 1,2 m, iar înălţimea liberă trebuie să fie de cel puţin 2 m.

4.5. Dispunerea fazelor şi marcarea

4.5.1. Se recomandă ca fazele să fie dispuse în aceeaşi ordine în toate celulele, respectiv la toate sistemele de bare colectoare.

Dacă este necesară schimbarea succesiunii fazelor, aceasta se poate face în punctul de trecere de la un circuit la altul, de exemplu la racordarea celulelor la barele colectoare. Schimbarea succesiunii fazelor pe parcursul unui circuit este admisă numai în cazuri excepţionale, dacă este justificată economic.

4.5.2. (Auto)transformatoarele, sistemele şi secţiile de bare colectoare, celulele, fazele şi toate părţile importante ale instalaţiei trebuie să fie marcate cu inscripţii vizibile, clare şi neechivoce.

4.5.3. (Auto)transformatoarele se numerotează pe cît posibil în ordine şi se marchează cu cifre arabe.

4.5.4. Sistemele de bare colectoare se marchează cu cifre arabe, iar secţiile aceluiaşi sistem de bare colectoare, cu litere majuscule.

4.5.5. Marcările celulelor trebuie să fie vizibile cel puţin din locurile de unde se face manevrarea aparatelor de conectare de la faţa locului.

4.5.6. Conductoarele de curent alternativ trifazat vor fi marcate astfel :

— **faza R** în culoare **roşie închisă** ;

— **faza S** în culoare **galbenă** ;

— **faza T** în culoare **albastră închisă.**

În cazul barelor rigide, acestea pot fi vopsite în întregime (cu excepţia îmbinărilor) în culoarea respectivă. În celelalte cazuri, marcarea fazelor se va face numai în anumite puncte vizibile (pe polii separatoarelor, eventual şi pe cei ai întreruptoarelor etc.).

4.5.7. Marcarea cablurilor se va face în conformitate cu normativul pentru proiectarea şi construirea reţelelor de cabluri electrice.

4.5.8. Pe îngrădirile exterioare (de incintă) ale spaţiilor de producţie electrică, pe îngrădirile de protecţie din interiorul acestor spaţii, precum şi pe toate porţile şi uşile de acces, trebuie să se prevadă inscripţii privind destinaţia şi indicatoare de securitate.

4.6. Dimensionarea construcţiilor de susţinere

4.6.1. Construcţiile care servesc pentru susţinerea echipamentului electric (aparataj şi/sau căi de curent) se vor dimensiona la următoarele categorii de solicitări :

— solicitări în timpul funcționării, datorate greutăților proprii, vîntului, chiciurii și forțelor electrodinamice în caz de scurtcircuit ;

— solicitări în timpul montajului datorate greutății proprii și operațiilor de montare (inclusiv greutății oamenilor, sculelor și dispozitivelor de montare), ținînd seama de succesiunea operațiilor respective.

În cazul conductoarelor flexibile, nu se va ține seama de ruperea accidentală a acestora.

Solicitările datorate forțelor electrodinamice în caz de scurtcircuit se consideră în ipoteza că, pentru elementele de construcție ale unei stații de o anumită tensiune, efectul curenților de scurtcircuit se manifestă într-un singur circuit.

La determinarea eforturilor care urmează a fi luate în considerare, se va ține seama de perspectiva dezvoltării instalațiilor pe o perioadă de circa 10 ani.

4.6.2. Costrucțiile menționate în articolul precedent trebuie să prezinte suficientă rigiditate, pentru a menține în limite nepericuloase, pentru aparate și îmbinări, amplitudinea vibrațiilor în timpul manevrelor.

4.6.3. Construcțiile pentru fixarea căilor de curent se confecționează din beton armat sau metal, de regulă, din elemente prefabricate.

4.6.4. Suporturile de susținere, folosite în mod provizoriu ca suporturi terminale, se recomandă a fi întărite cu ancore.

4.6.5. Sarcinile transmise de căile de curent se stabilesc conform art. 6.7.1. și 6.7.2.

4.6.6. Elementele de construcții care se găsesc în apropierea părților conductoare de curent și care pot fi atinse de personal nu trebuie să se încălzească datorită acțiunii curentului electric la temperaturi, de regulă, peste +50°C, iar cele care nu sînt accesibile atingerii personalului nu trebuie să depășească, de regulă, temperaturi de peste +70°C.

Construcțiile conținînd elemente metalice situate în vecinătatea căilor de curent se vor verifica la încălzirea în regim normal, atunci cînd curenții pe căile de curent învecinate depășesc 1000 A.

5. INSTALAȚII ELECTRICE DE INTERIOR

5.1. Condiții generale

5.1.1. Instalațiile electrice de interior pot fi amplasate în încăperi de producție sau în încăperi de producție electrică (definite conform art. 1.2.3.).

5.1.2. Clădirile instalațiilor electrice de tip interior pot să nu fie îngrădite.

5.1.3. În încăperile de producție pot fi montate numai instalații electrice tip închis, luîndu-se în același timp măsurile necesare pentru a se evita posibilitatea efectuării unor manevre de către persoanele necalificate care circulă în apropiere (datorită unor comutatoare de comandă, manete, butoane etc. liber accesibile). Aceste instalații vor fi amplasate în afara razei de acțiune a mecanismelor de ridicare și transport, conform art. 2.3.3.

În încăperile de producție în care există un transport uzinal intens sau aglomerări de materiale ori mașini, se recomandă îngrădirea echipamentului electric instalat, pentru a fi protejat contra deteriorărilor mecanice.

În încăperile de producție se recomandă a se folosi numai aparate cu izolație uscată sau din material neinflamabil, în afară de întreruptoare, care pot fi de tipul cu ulei puțin.

5.1.4. Încăperile și clădirile în care se găsesc instalații electrice cu tensiuni peste 1 kV trebuie să fie executate din materiale incombustibile. Utilizarea materialelor greu combustibile (pentru izolații termice) se va face în condițiile admise de normele P.S.I. Clădirile trebuie să fie de gradul I sau II de rezistență la foc.

Limita de rezistență la foc a pereților și planșeelor încăperilor instalațiilor electrice este indicată în tabelul 9.

5.1.5. Dacă amplasarea instalațiilor de interior, cu alimentări și distribuție subterane se face, față de construcțiile indu-

◆ *Tabelul 9*

Conținutul încăperii	Limita de rezistență la foc
Aparate electrice cu max. 60 kg ulei pe cuvă (fără depozite de materiale combustibile)	0,25 ore
Echipamente cu peste 60 kg ulei pe cuvă, la care colectarea uleiului este prevăzută a se face prin prag	4 ore pentru pereți
Depozite de materiale combustibile necesare instalațiilor electrice	și 3 ore pentru planșee
Echipamente cu peste 60 kg ulei pe cuvă, la care colectarea uleiului este prevăzută a se face prin colector	1 oră
Posturi de transformare în construcție independentă, indiferent de modul de colectare a uleiului	1 oră

striale sau civile, în conformitate cu art. 2.1.12., pct. b, trebuie respectate următoarele prevederi :

a) Pereții de pe laturile pe care distanțele nu se normează sau pe care se face alipirea de alte clădiri trebuie să fie incombustibili, cu limita de rezistență la foc de minimum patru ore și fără goluri. Se admit uși de comunicație cu limita de rezistență la foc de minimum 1,5 ore.

În cazul instalațiilor electrice care nu conțin mai mult de zece tone ulei, precum și în cazul posturilor de transformare, limita de rezistență la foc a pereților menționați mai sus va fi de minimum trei ore.

b) Acoperișurile și planșeele clădirilor în care se găsesc instalații electrice trebuie să fie executate din beton armat, cu limita de rezistență la foc de minimum 1,5 ore și fără goluri. Fac excepție golurile pentru ventilație naturală. Se admite practicarea lor în acoperiș numai dacă gradul de rezistență la foc al construcțiilor vecine, situate la distanță nenormată sau alipite, este I sau II. În acest caz, pereții despărțitori dintre instalațiile electrice și construcțiile învecinate vor depăși gabaritul încăperii instalațiilor electrice cu 0,6 m.

Observație : *Condițiile a și b nu sînt obligatorii în cazul instalațiilor electrice amplasate liber în hală, conform art. 6.3.3. pct. f.*

c) Trebuie să se prevadă colectarea uleiului la fiecare transformator în parte sau la fiecare grupă de transformatoare situate în aceeaşi încăpere, indiferent de cantitatea de ulei.

În general se recomandă folosirea aparatelor fără ulei sau cu ulei puţin.

d) Acolo unde este necesar, trebuie să se ia măsuri de izolare fonică a zgomotului provocat de aparatele de comutare, transformatoare, ventilatoare etc.

5.1.6. Instalaţiile nu trebuie amenajate în încăperi umede, cu acţiune chimică dăunătoare, cu praf, cu temperaturi ridicate, cu pericol de incendiu sau explozie, precum şi sub încăperi cu proces tehnologic umed (duşuri, closete, vane etc.).

5.1.7. La amenajarea instalaţiilor electrice de interior trebuie să se ia în considerare, în afară de condiţiile climatice indicate în art. 3.9. şi tabelul 6, influenţa altor factori de mediu, ca de exemplu : praf, fum, gaze şi vapori agresivi, conţinut de săruri în aer etc.

5.1.8. În cazul în care factorii de mediu menţionaţi în art. 5.1.7. periclitează funcţionarea instalaţiei, se poate apela la unul dintre următoarele mijloace :

a) Protecţia împotriva pătrunderii prafului sau a altor agenţi din atmosferă.

b) Folosirea unor materiale care să reziste agenţilor agresivi sau acoperirea de protecţie a materialelor nerezistente la acţiunea acestor factori.

c) Ventilarea sau climatizarea încăperilor sau a diverselor părţi componente ale instalaţiei, în vederea nedepăşirii valorilor indicate în tabelul 6.

Se vor lua măsuri pentru evitarea supraîncălzirilor în cazul opririi accidentale a instalaţiei de ventilaţie sau de climatizare. Aceste măsuri vor consta din controale periodice, semnalizări etc., în funcţie de condiţiile locale.

Instalaţiile de ventilaţie mecanică din centralele şi staţiile electrice trebuie prevăzute cu posibilitatea de oprire automată sau voită la apariţia unui incendiu în încăperea ventilată sau în apropierea locului de absorbţie a aerului. Oprirea voită trebuie să fie întotdeauna posibilă, şi anume atît de la faţa locului (dar din exteriorul încăperilor în care există ulei), cît şi de la

punctul de comandă la care este semnalizat incendiul. În acelaşi punct de comandă trebuie semnalizată şi starea de funcţionare a instalaţiei de ventilaţie mecanică.

5.1.9. Încăperile instalaţiilor de distribuţie care conţin transformatoare sau aparate cu peste 60 kg ulei pe cuvă trebuie prevăzute cu ventilaţie de avarie, mecanică (acolo unde este cazul) sau naturală organizată.

Instalaţia de ventilaţie de avarie trebuie să asigure într-o oră schimbarea unui volum de aer de cinci ori mai mare decît volumul încăperii, în scopul evacuării fumului ce se poate produce în caz de avarie.

5.1.10. Instalaţiile de ventilaţie cu scopuri tehnologice (conform art. 5.1.8.c.) vor fi astfel dimensionate, încît să îndeplinească şi condiţiile unei ventilaţii de avarie.

5.1.11. La proiectarea instalaţiilor de ventilaţie naturală sau mecanică trebuie respectate prevederile din normele republicane de protecţie contra incendiilor şi din standardele în vigoare.

5.1.12. Ferestrele încăperilor de producţie electrică situate la parter, în cazul instalaţiilor electrice neîngrădite amplasate în mediul urban sau în incinta unor întreprinderi industriale, precum şi în cazul instalaţiilor electrice îngrădite amplasate în mediul rural sau cu regim de construcţie similar celor din mediul urban, trebuie să fie prevăzute cu sticlă armată sau să fie confecţionate din dale de sticlă (Nevada).

Posturile de transformare situate în mediul rural sau cu regim de construcţie similar în mediul urban nu vor avea ferestre.

5.1.13. Prevederea iluminatului natural în încăperile de producţie electrică nu este obligatorie. În aceste încăperi nu se admit luminatoare.

5.1.14. Temperatura minimă nu trebuie să scadă sub +16°C, în încăperile în care există personal de exploatare permanent.

5.1.15. Încăperile de producţie electrică trebuie astfel finisate, încît să permită o întreţinere şi curăţenie uşoară.

5.1.16. Nu se admit denivelări ale planşeelor sau praguri în coridoarele din încăperile de producţie electrică.

5.1.17. Nu se admite trecerea prin încăperile instalaţiilor electrice a nici unui fel de conducte cu fluide, cu excepţia celor cu apă caldă, care servesc pentru încălzirea instalaţiei respective şi cu condiţia folosirii de ţevi sudate, fără flanşe, ventile sau alte armături.

5.1.18. Trebuie luate măsuri contra pătrunderii apelor subterane în clădirile instalaţiilor electrice.

De asemenea, trebuie să se aibă în vedere măsurile pentru evitarea unor solicitări inadmisibile la transformatoarele, aparatele şi materialele electrice, datorate unor deformări ale clădirilor (de exemplu, tasări). Aceste măsuri urmează a se lua (dacă este cazul) atît la proiectarea părţii electrice, cît şi la cea a clădirilor.

5.1.19. Pentru a împiedica pătrunderea animalelor mici în clădirile instalaţiilor electrice, toate orificiile din încăperile situate spre exterior sau spre încăperi cu altă destinaţie trebuie amplasate la o distanţă minimă de 250 mm faţă de sol şi prevăzute cu plasă avînd ochiuri de cel mult 8×8 mm. Toate orificiile pentru trecerea cablurilor şi a conductelor dintr-o încăpere în alta şi în exterior trebuie să fie închise, respectiv etanşate cu materiale incombustibile.

5.1.20. Canalele de cabluri construite în interiorul clădirilor instalaţiilor electrice trebuie să fie acoperite cu plăci demontabile din metal, beton armat sau alte materiale incombustibile sau rezistente la foc.

Capacele acestor canale trebuie să fie la acelaşi nivel cu pardoselile încăperilor, să nu prezinte jocuri sau discontinuităţi, asigurînd o închidere cît mai perfectă, şi să fie uşor de înlăturat în caz de nevoie.

5.1.21. Se admite montarea în aceeaşi încăpere a unor instalaţii cu tensiuni diferite, în cazul în care exploatarea lor se face de către aceeaşi organizaţie. Se recomandă însă ca instalaţiile de conexiuni pînă la 1 kV şi cele de peste 1 kV să fie instalate în încăperi separate.

5.1.22. În toate celulele instalaţiilor electrice de interior cu tensiunea pînă la 35 kV inclusiv, indiferent de curentul de scurtcircuit, este necesar să se prevadă pereţi despărţitori plini

între barele colectoare și restul aparatelor din celule. Fac excepție celulele instalațiilor de cel mai simplu tip (posturi), în care acest perete poate să lipsească.

Compartimentări suplimentare între diversele părți componente ale celulei se vor prevedea în funcție de valorile curenților de scurtcircuit din instalația respectivă. În celulele de tip închis compartimentările suplimentare se vor face, de regulă, indiferent de puterea de scurtcircuit.

5.1.23. Se vor prevedea pereți transversali de separare a încăperilor instalațiilor electrice de înaltă tensiune în următoarele cazuri :

— între secțiile de bare reprezentînd sursa de alimentare normală și, respectiv, de rezervă a unor consumatori de gradul 0 (inclusiv alimentarea unor pompe de incendiu) ;

— între secțiile de bare de servicii proprii, aparținînd unor blocuri diferite, la centralele termoelectrice;

— în cazul unui număr mare de celule de tip deschis, încît să nu se depășească circa 30 de astfel de celule pe încăpere ; în cazul barelor colectoare secționate pereții de separare se vor dispune la limita dintre cele două secții de bare.

Limita de rezistență la foc a pereților de separare va fi de 1 oră.

Fiecare dintre compartimentele rezultate în urma separării va fi prevăzut cu instalații de ventilare și iluminat alimentate separat.

Se admite ca introducerea sau scoaterea aerului să fie comună pe grupe de compartimente legate tehnologic, cu respectarea următoarelor condiții :

— prevederea de clapete antifoc corespunzătoare pe ramificațiile tuturor compartimentelor ;

— prevederea de jaluzele de suprapresiune la fiecare grup de ventilatoare ;

— oprirea instalațiilor de ventilare (de aspirație și refulare) la semnalizarea unui început de incendiu în oricare dintre compartimentele care au aspirație sau refulare comună.

5.1.24. Delimitarea spațiilor de producție electrică aparținînd unor organizații de exploatare diferite poate fi făcută prin îngrădiri de tipul cel mai simplu, de exemplu prin cordoane de PVC.

5.1.25. În celulele, boxele etc., în care există necesitatea deservirii cu ușa deschisă fără întreruperea tensiunii (de exemplu, pentru schimbarea siguranțelor de înaltă tensiune, manevrarea aparatelor cu tija izolantă, control vizual etc.), precum și în camerele ce conțin aparate de înaltă tensiune sau transformatoare și în care accesul se face direct din exterior (de exemplu, boxa de transformator etc.), este necesar să se prevadă îngrădiri de protecție conform art. 5.3.1.—5.3.5.

Nu sînt necesare, de regulă, astfel de îngrădiri dacă sînt respectate prevederile art. 5.3.7.

5.1.26. Celulele de tip închis prevăzute cu întreruptoare montate pe cărucioare debroșabile trebuie să fie astfel construite, încît, indiferent de poziția căruciorului, să nu existe pericolul unor atingeri accidentale ale părților sub tensiune.

5.1.27. Dispoziția constructivă a instalațiilor și distanțele de protecție vor fi astfel alese, încît, dacă se prevede necesitatea executării unor lucrări cu scoaterea parțială de sub tensiune a instalației, să poată fi respectate măsurile corespunzătoare prevăzute de normele de protecție a muncii pentru instalații electrice.

Una dintre măsurile necesare în acest scop este separarea între ele a sistemelor (secțiilor) de bare colectoare prin pereți longitudinali plini pe tot parcursul traseului lor, dacă distanța dintre ele nu permite lucrul la unul din sisteme (secție), cînd celălalt sistem (secție) este sub tensiune.

La stațiile de medie tensiune, măsurile de separare indicate mai sus se recomandă și în vederea evitării extinderii avariilor.

5.1.28. În proiect se vor indica locurile unde se prevăd a fi racordate scurtcircuitoarele mobile și care vor avea suprafețe de contact corespunzătoare.

5.1.29. În centrale și stații de transformare și conexiuni, pentru depozitarea materialelor și a echipamentelor de exploatare și întreținere, legate strict de obiectul respectiv, trebuie să se prevadă încăperi cu spații special destinate acestui scop, acolo unde este cazul.

Pentru păstrarea tijelor izolante, a cleștilor izolanți și a scurtcircuitoarelor mobile, se va prevedea un loc uscat și ușor accesibil.

5.2. Distanţe de izolare în aer

5.2.1. Pentru instalaţiile sau părţile de instalaţie asamblate la locul de exploatare, la care izolaţia în aer între elementele componente aflate sub tensiune, precum şi între acestea şi elementele legate la pămînt nu poate fi verificată prin încercări asupra nivelului de izolaţie (conform art. 3.11.), asigurarea nivelului de izolaţie trebuie să se facă prin respectarea prevederilor din articolele următoare.

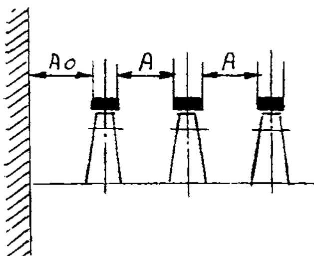


Fig. 16

5.2.2. Distanţele minime de izolare în aer între părţile conductoare aflate sub tensiune şi aparţinînd unor faze diferite (notate cu A), precum şi între acestea şi elementele legate la pămînt (notate cu A_0) sînt indicate în figura 16 şi tabelul 10.

5.2.3. În cazul unor elemente mobile (conductoare flexibile, contacte de separatoare etc.), distanţele minime de izolare în aer trebuie verificate şi în conformitate cu art. 4.2.3., 4.2.5. şi 4.2.6., valorile corespunzătoare fiind indicate însă în tabelul 10.

5.2.4. Distanţele dintre două piese sub tensiune, care pot să se găsească la aceleaşi tensiuni nominale, însă nesincrone între ele, trebuie să fie cel puţin egale cu 1,2 ori distanţa A din tabelul 10.

5.2.5. Distanţele dintre părţile sub tensiune ale unor instalaţii care funcţionează la tensiuni nominale diferite trebuie să fie cel puţin egale cu 1,2 ori distanţa A prescrisă pentru tensiunea cea mai mare (tabelul 10).

5.2.6. Pentru instalaţiile amplasate la mare altitudine, distanţele de izolare în aer, indicate în tabelul 10, trebuie să fie mărite cu 1,25% pentru fiecare 100 m spor peste altitudinea de 1 000 m. Această indicaţie este valabilă numai pînă la altitudinea de 3 000 m.

5.2.7. În cazul instalaţiilor prefabricate, distanţele de izolare minime nu se normează. Aceste instalaţii se vor verifica

Tabelul 10

Instalaţii electrice de interior. Distanţe minime de izolare în aer şi de protecţie

Numărul articolului	Nr. figurii	Simbolul şi relaţia de calcul kV, mm	Distanţe minime (mm) la diverse tensiuni nominale (kV)							
			(3) kV	6 kV	10 kV	20 (15) kV	(35) kV	(60) kV	110 kV	220 kV
5.2.2.; 5.2.6.; 5.2.9.	16	A_0	65	90	120	180	290	500	900	1800
5.2.2.; 5.2.4.; 5.2.5.; 5.2.6.; 5.2.9.	16	$A=1,1\ A_0$	70	100	130	200	320	550	1000	2000
5.2.3.	9	$A_2=A_0$ (EXT)/2 ($A_2 \leq A$)	70	100	100	150	200	330	450	900
5.3.5.; 5.3.7.	17, 18, 20	$B_1=A_0+30$	100	120	150	210	320	530	930	1850
		$B_2=A_0+100$	170	190	220	280	390	600	1000	1900
		$B_3=A_0+750$	820	840	870	930	1050	1250	1630	2550
5.3.7.	17, 19	$C=A_0+2500$	2600	2600	2650	2700	2800	3000	3400	4300
5.3.9.	12	$D=A_0+1250$	1350	1350	1400	1450	1550	1750	2150	3050
5.3.9.	12	$E=A_0+600$	670	690	720	780	890	1100	1500	2400
5.3.11.	—	H	4500	4500	4500	4750	4750	5500	5500	6500

NOTĂ:

1) Tensiunile din paranteză nu sînt standardizate.

2) Pentru tensiuni nominale egale sau mai mari de 60 kV, distanţele se referă la instalaţii din reţele cu neutrul legat efectiv la pămînt.

la tensiunile de încercare prevăzute în standardul de coordonare a izolaţiei.

5.2.8. În situaţia în care, din diverse motive, distanţele din tabelul 10 şi figura 16 nu pot fi respectate, se admite folosirea de pereţi intermediari din materiale izolante, dacă prin încercări se va proba capacitatea de izolare pentru dispoziţia respectivă şi numai în cazul folosirii de materiale izolante, care să-şi păstreze în timp caracteristicile dielectrice.

Verificarea se va face la tensiunile de încercare prevăzute în standardul de coordonare a izolaţiei.

5.2.9. În cazurile în care, prin construcţia aparatelor, la racordarea căilor de curent la bornele acestora, nu se pot respecta distanţele A şi A_0 din tabelul 10, se admit distanţe mai mici în zone de racordare, în conformitate cu indicaţiile întreprinderii constructoare.

În lipsa acestor indicaţii distanţele dintre căile de curent şi dintre acestea şi elementele legate la pămînt trebuie să fie cel puţin egale cu distanţele libere dintre bornele aparatului. Zona de racordare va fi redusă la minimum posibil.

5.3. Distanţe de protecţie

5.3.1. În spaţiile de producţie electrică, protecţia personalului împotriva atingerilor accidentale ale elementelor aflate sub tensiune, în timpul executării lucrărilor de exploatare, se asigură printr-una din următoarele măsuri :

— amplasarea la înălţime corespunzătoare, în zone inaccesibile atingerilor accidentale ;

— îngrădiri de protecţie definitive, pline sau din plasă (se admite şi folosirea balustradelor) ;

— dispunerea echipamentului în carcase închise (instalaţii de tip închis).

5.3.2. Îngrădirile de protecţie definitivă, pline sau din plasă, trebuie să aibă înălţimea de 1,8 m, iar balustradele de 1,2 m. Se admite folosirea de îngrădiri de protecţie pline sau din plasă cu înălţime mai mică de 1,8 m (dar nu sub 1,2 m), în condiţiile din art. 5.3.5.

5.3.3. Pereții, ușile și îngrădirile de protecție trebuie să fie suficient de rezistente din punct de vedere mecanic și bine fixate.

Pereții de protecție sau ușile pline trebuie să fie executate din materiale rigide și incombustibile. În cazul folosirii de tablă de oțel, aceasta va avea o grosime de cel puțin 2 mm.

Îngrădirile sau ușile din plasă se execută cu ochiuri de cel mult 20 × 20 mm.

Între partea inferioară a ușilor sau a plaselor de protecție și sol (pentru instalațiile de exterior) sau pardoseli (pentru instalațiile de interior) nu trebuie lăsat un spațiu mai mare decît cel necesar pentru închidere-deschidere (montare și demontare), pentru a împiedica pătrunderea animalelor sau a unor obiecte prin acest spațiu.

Balustradele se execută de regulă din bare sau țevi. Ele trebuie dispuse pînă la înălțimea prescrisă, distanța dintre două bare pe verticală sau între pămînt și prima bară fiind de cel mult 600 mm. Balustradele care se încadrează în prevederile art. 5.1.25. și care pot fi îndepărtate fără ajutorul unor scule trebuie să fie dintr-un material rău conducător de electricitate (de exemplu, lemn ignifugat).

Ușile îngrădirilor de protecție trebuie să fie închise cu cheie sau să poată fi demontate numai cu scule. În interiorul spațiilor de producție electrică se admit chei triunghiulare sau pătrate.

5.3.4. La amenajarea instalațiilor electrice de interior trebuie respectate distanțele de protecție din tabelul 10. Aceste distanțe pot fi mărite în locurile în care nu poate fi evitată manevrarea unor materiale lungi, care nu sînt izolate pentru tensiunea de exploatare.

5.3.5. Distanța dintre părțile conductoare, aflate sub tensiune sau izolate față de pămînt, ale instalației și îngrădirile de protecție cu caracter definitiv trebuie să fie cel puțin egală cu distanțele B_1, B_2 sau B_3 din tabelul 10, domeniul de protecție fiind indicat în figura 17.

5.3.6. Izolatoarele pot pătrunde parțial sau total în domeniul de protecție, cu condiția asigurării protecției împotriva atingerii accidentale a elementelor aflate sub tensiune, prin îngrădiri din tablă sau din plasă (fig. 18).

5.3.7. Elementele instalației aflate sub tensiune sau izolate față de pămînt și situate la o înălțime mai mare sau cel puțin egală cu valoarea C (tabelul 10) față de nivelul pardoselei

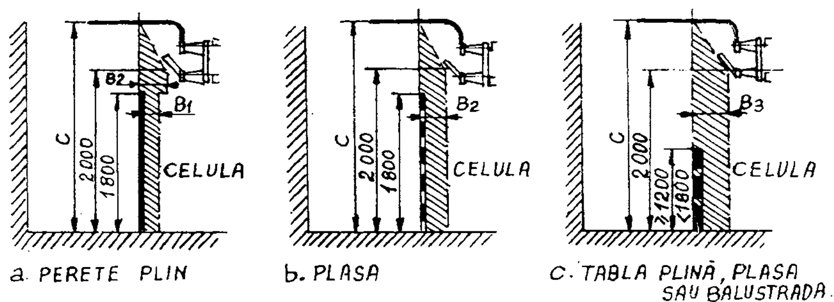


Fig. 17

(platformei de deservire) nu necesită, de regulă, îngrădiri de protecție. Domeniul de protecție este indicat în figura 19 și tabelul 10.

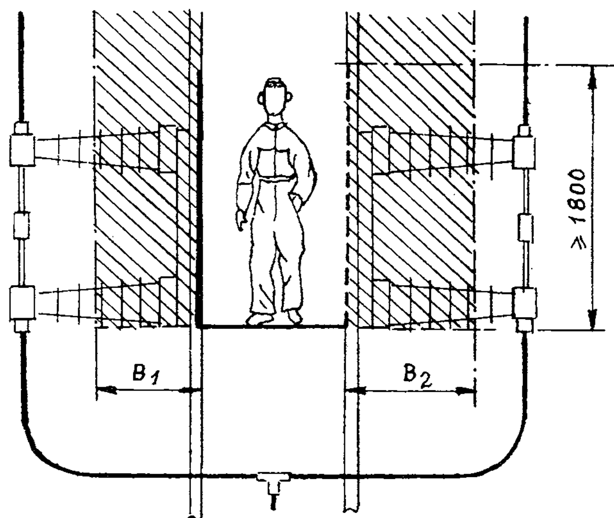


Fig. 18

Dacă înălțimea acestor elemente este mai mică decît valoarea C, sînt necesare îngrădiri care pot fi realizate în două moduri :

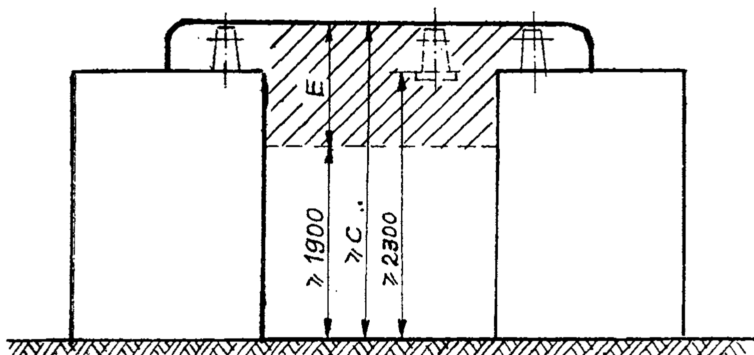


Fig. 19

— Îngrădiri verticale, pline sau din plasă (admițîndu-se și folosirea balustradelor), conform indicațiilor din figura 17 și tabelul 10. Aceste îngrădiri trebuie să interzică accesul personalului în apropierea elementelor îngrădite.

— Îngrădiri orizontale, pline sau din plasă, situate dedesubtul elementelor îngrădite, circulația personalului sub aceste îngrădiri fiind permisă (fig. 20). În acest scop, înălțimea îngrădirilor față de pardoseală (respectiv față de platforma de deservire) trebuie să fie de minimum 1900 mm. Distanța dintre îngrădiri și elementele rămase sub tensiune sau izolate

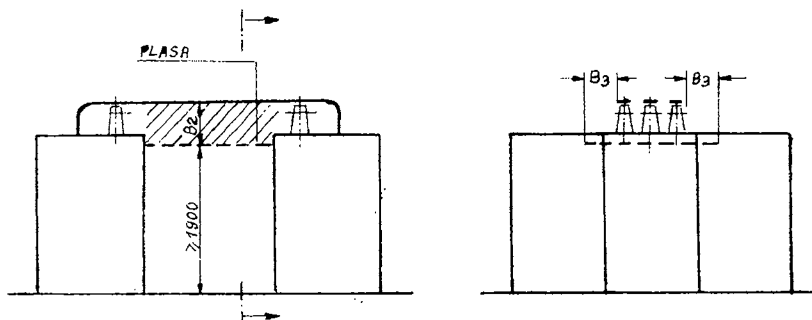


Fig. 20

față de pămînt trebuie să fie cel puțin egală cu valoarea B_1 sau B_2 din tabelul 10 (în funcție de natura îngrădirii, conform fig. 17). Îngrădirile trebuie să depășească elementele sub tensiune sau izolate față de pămînt de fiecare parte cu o distanță cel puțin egală cu valoarea B_3 din tabelul 10.

5.3.8. Izolatoarele ale căror părți conductoare aflate sub tensiune se găsesc în condițiile indicate în art. 5.3.7. (alineatul 1) nu trebuie îngrădite dacă marginea superioară a soclurilor lor legate la pămînt se află la o înălțime de cel puțin 2 300 mm față de nivelul solului, respectiv a platformei de deservire (fig. 19).

5.3.9. Distanța dintre elementele instalațiilor interioare la care se prevede efectuarea unor lucrări de revizie-reparații și părțile vecine neîngrădite ale instalațiilor, rămase sub tensiune sau izolate față de pămînt, trebuie să fie suficientă pentru a permite executarea lucrărilor în condiții de securitate, în conformitate cu normele de protecție a muncii pentru instalații electrice.

În acest scop se vor respecta indicațiile din art. 4.3.7., cu observația că valorile D și E sînt indicate în tabelul 10.

5.3.10. Trecerile interior-exterior ale circuitelor electrice trebuie să fie astfel realizate, încît în partea interioară să fie respectate prevederile pentru instalații interioare, iar în partea exterioară cele pentru instalații exterioare.

5.3.11. În cazul plecărilor aeriene din clădirile instalațiilor electrice spre zone care nu constituie spații de producție electrică de exterior, înălțimea minimă H față de sol a conductoarelor sub tensiune se va determina în conformitate cu prevederile normativului pentru construcția liniilor electrice aeriene cu tensiunea peste 1 000 V.

În cazurile de mai sus, elementele aflate sub tensiune ale circuitelor exterioare respective (de exemplu, bornele izolatoarelor de trecere, bornele descărcătoarelor etc.) se pot afla la înălțimea minimă H față de sol indicată în tabelul 10. În această situație, se recomandă luarea unor măsuri suplimentare de protecție împotriva atingerilor accidentale (de exemplu, prevederea unor copertine orizontale).

5.3.12. În cazul executării unor lucrări cu scoaterea parțială de sub tensiune, nu trebuie să existe elemente sub ten-

siune sau elemente izolate față de pămînt ale părților de instalație rămase sub tensiune care să se afle față de partea scoasă de sub tensiune la o distanță mai mică de 1,2 ori distanța de izolare A (tabelul 10). Această prevedere nu se referă la distanța constructivă a separatorului prin care s-a făcut separarea (între contactele sale deschise).

5.3.13. La instalațiile montate la mare altitudine, distanțele din tabelul 10 se majorează cu creșterea distanței de izolare în aer, calculată conform art. 5.2.6.

5.4. Coridoare și accese

5.4.1. Lățimea și înălțimea coridoarelor de deservire trebuie să asigure posibilitatea unei deplasări ușoare a personalului și a manipulării comode a aparatelor din instalație, precum și a executării de lucrări în apropierea tensiunii, în conformitate cu prevederile normelor de protecție a muncii pentru instalații electrice.

5.4.2. Lățimile minime ale coridoarelor de deservire (supraveghere sau manevră) sînt următoarele (fig. 21) :

— instalații pe o singură parte : 1 000 mm ;

— instalații pe ambele părți: 1 200 mm.

Aceste lățimi nu pot fi micșorate în nici un punct al coridorului prin dispozitive de acționare, cărucioare ale întreruptoarelor debroșabile în poziție intermediară, stîlpi ai construcției, balustrade etc.

Adoptarea unor valori mai mari se recomandă în special în următoarele cazuri :

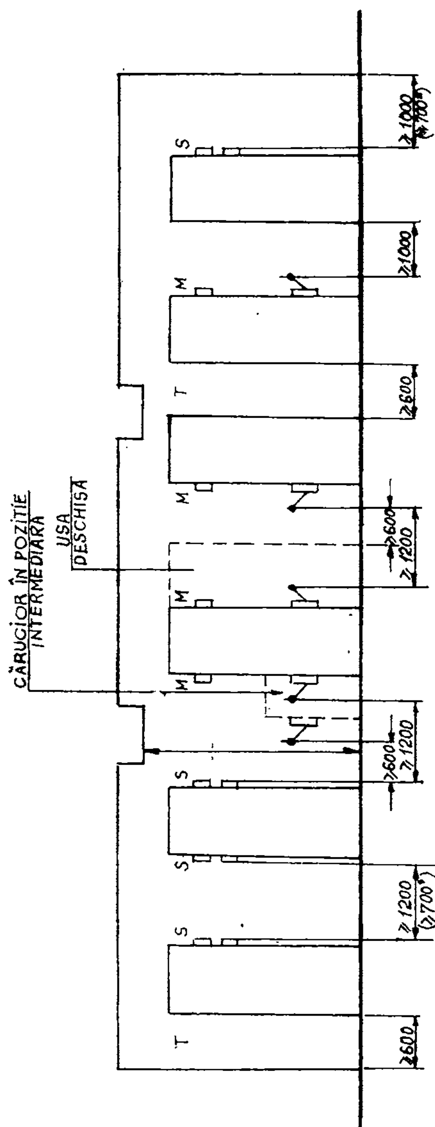
— coridoare mai lungi de 10 m ;

— instalații cu curenți de scurtcircuit mai mari de 15 kA;

— instalații de tip deschis.

În locurile de acces sau de trecere (unde nu se face supravegherea instalației și nu se execută manevre) se poate adopta o distanță liberă de minimum 600 mm.

5.4.3. Lățimea liberă a coridorului de manevră trebuie verificată astfel, încît să se asigure circulația de-a lungul lui și în cazul în care un cărucior de întreruptor debroșabil este scos



S - SUPRAVEGHERE, M - MANEVRĂ, T - TRECERE * ÎNSTALAŢII DE TIP ÎNCHIS

Fig. 21

din celulă cînd o uşă de celulă este deschisă la 90°. În acest caz, distanța liberă de trecere nu trebuie să fie mai mică de 600 mm. Această verificare nu este obligatorie pentru coridoare cu lungimea sub 6 m, cu acces pe la ambele capete.

5.4.4. Lățimile coridoarelor de supraveghere pentru instalații de tip închis vor fi stabilite de comun acord cu fabricantul celulelor, neputînd fi însă mai mici de 700 mm.

5.4.5. În cazul celulelor de tip închis instalate în spații de producție, lățimile coridoarelor de deservire indicate mai sus se măsoară de la celule pînă la părțile cele mai proeminente ale utilajului instalat în apropierea celulelor sau pînă la îngrădiri.

5.4.6. Înălțimea liberă a coridoarelor trebuie să fie de minimum 1 900 mm.

5.4.7. Instalațiile interioare trebuie prevăzute cu accese (uşi) după cum urmează :

— la lungimi ale încăperii pînă la 10 m, un singur acces ;

— la lungimi ale încăperii mai mari de 10 m, cel puțin două accese astfel dispuse, încît din orice punct al coridoarelor pînă la punctele de acces, pe drumul cel mai scurt, distanța să nu depăşească 30 m;

— la punctele de alimentare subterane, se admite un singur acces, atunci cînd distanța de la acesta pînă la cel mai îndepărtat punct al spațiului de deservit nu depăşeşte 12 m, în acest caz, se recomandă însă echiparea punctului de alimentare cu celule de tip închis.

5.4.8. Accesul în încăperile instalațiilor electrice de conexiune se poate face astfel :

— din exterior ;

— dintr-o altă încăpere de producție electrică ;

— dintr-o altă încăpere de producție de categoria de pericol de incendiu D sau E, cu gradul de rezistență la foc I, II şi III;

— din coridoarele anexelor social-administrative, care nu deservesc evacuarea încăperilor cu aglomerări de persoane.

5.4.9. Accesul în posturile de transformare din interiorul blocurilor de locuințe şi al clădirilor publice se va face de

regulă numai din exteriorul clădirii. Se admite accesul și din subsolul sau demisolul clădirii printr-o încăpere-tampon, la care se poate renunța însă, în cazul în care se utilizează transformatoare uscate sau umplute cu lichid neinflamabil.

5.4.10. Fiecare cameră în care se instalează un transformator de putere cu ulei trebuie să aibă o ieșire spre exterior sau spre o încăpere cu podea, pereți și planșee rezistente la foc și care să nu conțină obiecte, aparate și produse inflamabile sau explozibile.

5.4.11. În instalațiile cu mai multe etaje, se admite ca accesele suplimentare să fie prevăzute spre un balcon cu scară de incendiu. Celelalte scări de acces normal trebuie să asigure o deservire comodă a instalației.

5.4.12. Ușile de acces în încăperile instalațiilor electrice vor fi realizate din materiale incombustibile, fiind dimensionate numai din considerente de rezistență mecanică. Fac excepție :

— ușile de comunicație interioară spre încăperi care conțin echipamente electrice cu o cantitate de ulei mai mare de 60 kg pe cuvă, care vor avea o limită de rezistență la foc de minimum 1,5 ore ;

— ușile menționate în art. 5.1.5 pct. a, care vor avea, de asemenea, o limită de rezistență la foc de minimum 1,5 ore.

— ușile menționate în art. 6.3.2. pct. c (fig. 22 și tabelul 12), care vor avea o limită de rezistență la foc de 0,75 ore.

5.4.13. Ușile dintre încăperile de producție electrică și încăperile cu alte destinații sau spre exterior trebuie să se deschidă în afară, putîndu-se deschide fără cheie numai din interior.

Se exceptează posturile de transformare subterane și punctele de alimentare subterane, la care accesul se face prin trape. Trapele vor fi prevăzute cu grătare de protecție, care pot fi ridicate prin împingere, la ieșirea din postul sau punctul de alimentare subteran.

Ușile dintre două încăperi de producție electrică trebuie să se deschidă în ambele părți, excepție făcînd ușile care separă încăperile cu instalații cu tensiunea de peste 1 000 V,

față de cele cu instalații cu tensiune pînă la 1 000 V ; în acest caz deschiderea ușilor se va face spre încăperile cu tensiunea pînă la 1 000 V.

5.5. Dispunerea fazelor și marcarea

5.5.1. Dispunerea barelor colectoare se recomandă să se facă în plan orizontal.

În cazul în care, din motive bine determinate, barele colectoare se dispun în plan vertical, se recomandă separarea fazelor între ele prin pereți plini.

5.5.2. În cadrul instalațiilor de tip deschis, se recomandă ca fazele să fie dispuse în aceeași ordine în toate celulele, respectiv la toate sistemele de bare colectoare. Această recomandare se referă la întreaga instalație sau cel puțin la fiecare încăpere de producție electrică în parte.

Dacă este necesară schimbarea succesiunii fazelor, aceasta se va face de preferință în punctul de trecere de la un circuit la altul, de exemplu la racordarea celulelor la barele colectoare sau la racordarea cablurilor.

5.5.3. Transformatoarele, sistemele și secțiile de bare colectoare, celulele, cablurile, fazele și toate părțile importante ale instalației trebuie să fie marcate cu inscripții vizibile, clare și neechivoce.

5.5.4. Transformatoarele se numerotează pe cît posibil în ordine și se marchează cu cifre arabe.

5.5.5. Sistemele de bare colectoare se marchează cu cifre arabe, iar secțiile aceluiași sistem de bare colectoare, cu litere majuscule.

5.5.6. Marcările celulelor trebuie să fie vizibile atît atunci cînd ușile celulei sînt închise, cît și atunci cînd ele sînt deschise.

5.5.7. Conductoarele de curent alternativ trifazat vor fi marcate astfel :

— **faza R** în culoare **roșie-închisă** ;
— **faza S** în culoare **galbenă** ;
— **faza T** în culoare **albastră-închisă.**

Conductoarele de curent continuu vor fi marcate astfel :

— **conductorul pozitiv** în culoare **roșie-deschisă ;**

— **conductorul negativ** în culoare **albastră-deschisă;**

— **conductorul median** (la distribuția în punte) în culoare **cenușie.**

În cazul barelor rigide, acestea vor fi vopsite în întregime (cu excepția îmbinărilor) în culoarea respectivă. În cazul conductoarelor flexibile, marcarea se va face numai în anumite puncte de fixare, vizibile.

5.5.8. Marcarea cablurilor se va face în conformitate cu normativul pentru proiectarea și construirea rețelelor de cabluri electrice.

5.5.9. Pe ușile de acces spre spațiile de producție electrică și spre încăperile tehnologice anexe, pe îngrădirile de protecție din interiorul acestor spații, precum și pe instalațiile de tip închis din spațiile de producție, trebuie să se prevadă inscripții privind destinația și indicatoare de securitate.

5.6. Dimensionarea construcțiilor de susținere

5.6.1. Construcțiile care servesc pentru susținerea echipamentului electric (aparataj și/sau căi de curent) se vor dimensiona în condițiile indicate în art. 4.6.1. și 4.6.2. pentru instalații exterioare, cu deosebirea că nu se va ține seama de vînt și de chiciură.

5.6.2. Sarcinile transmise de căile de curent se stabilesc conform art. 6.7.1. și 6.7.3.

5.6.3. Elementele de construcții care se găsesc în apropierea părților conducătoare de curent și care pot fi atinse de personal nu trebuie să se încălzească datorită acțiunii curentului electric la temperaturi de regulă peste +50°C, iar cele care nu sînt accesibile atingerii personalului nu trebuie să depășească, de regulă, temperaturi peste +70°C.

Construcţiile conţinînd elemente metalice situate în vecinătatea căilor de curent se vor verifica la încălzire în regim normal, cînd curenţii pe căile de curent învecinate depăşesc 1 000 A.

6. CONDIŢII PRIVIND INSTALAREA ECHIPAMENTULUI ELECTRIC

6.1. Condiţii generale

6.1.1. Întregul echipament din instalaţiile electrice trebuie să fie astfel ales, dimensionat şi instalat, încît să corespundă din toate punctele de vedere condiţiilor de exploatare, în toate regimurile de funcţionare stabilite, instrucţiunilor de montare şi utilizare ale fabricii constructoare, precum şi condiţiilor de mediu în care este pus să funcţioneze.

6.1.2. Fiecare transformator şi aparat trebuie să fie prevăzut cu o plăcuţă indicatoare, care să cuprindă datele sale tehnice precum şi un indicator de recunoaştere.

6.1.3. Dispoziţia transformatoarelor şi a aparatelor în instalaţiile electrice trebuie să se prevadă în aşa fel, încît să se asigure păstrarea caracteristicilor de funcţionare, posibilitatea transportului, manipulării, reparării, supravegherii şi revizuirii, fără pericol şi de regulă fără perturbarea circuitelor vecine folosind cele mai adecvate utilaje. Fac excepţie de la această ultimă condiţie instalaţiile electrice la care separarea de lucru se admite a se face prin scoaterea de sub tensiune a întregii instalaţii (de exemplu în posturi de transformare).

6.1.4. Celulele de distribuţie pentru liniile de medie tensiune trebuie dimensionate de regulă corespunzător montării a trei transformatoare de curent.

6.2. Aparate de conectare

6.2.1. Condiţiile generale privind instalarea aparatelor sînt cele din art. 6.1.

6.2.2. La amplasarea aparatelor este necesar să se țină seama de efectele funcționării acestora asupra spațiului înconjurător (de reducere a izolației sau de altă natură) provocate de deconectarea scurtcircuitelor.

6.2.3. În interior nu vor fi montate întreruptoare cu ulei mult, iar în cazul centralelor subterane, de regulă, nici întreruptoare cu ulei puțin.

6.2.4. Separatoarele și contactele de legare la pămînt, împreună cu dispozitivele lor de acționare, trebuie să fie astfel dispuse, încît funcționarea lor să nu se poată produce accidental (sub acțiunea vibrațiilor, presiunii vîntului, greutății proprii, neetanșeității ventilelor de acționare etc.).

6.2.5. Este necesar să se prevadă blocaje la toate separatoarele sau contactele de legare la pămînt, a căror acționare fără pericol de amorsare a arcului electric este condiționată de poziția altor aparate de conectare din instalația respectivă.

6.2.6. La montarea în exterior a întreruptoarelor cu ulei mult trebuie să se țină seama de prevederile din articolul 6.6.2, referitoare la transformatoarele de putere și bobinele de compensare cu ulei instalate în exterior.

6.2.7. La montarea în interior a întreruptoarelor cu ulei se va ține seama de prevederile de detaliu din art. 6.6.3. referitoare la transformatoarele de putere și bobinele de compensare cu ulei instalate în interior.

6.2.8. Fiecare dispozitiv de acționare trebuie să aibă indicată, la fața locului, poziția aparatului comandat.

6.2.9. Se va urmări reducerea efectelor arcului electric asupra personalului de exploatare, în cazul manevrelor greșite, prin amplasarea dispozitivelor de acționare, prin construcția celulelor, precum și prin alte măsuri constructive.

6.2.10. Dispozitivele de acționare ale separatoarelor, accesibile și persoanelor străine de exploatarea instalațiilor electrice trebuie să fie asigurate împotriva acționării nedorite (de exemplu prin închiderea cu lacăt prin dispozitive de acționare demontabile etc.).

6.2.11. Tijele de acționare ale separatoarelor cu tensiuni pînă la 20 kV inclusiv, montate pe stîlpi de lemn, trebuie să

fie separate prin intermediul unor izolatoare dimensionate pentru tensiunea de izolare a instalației. Partea tijei de sub izolator trebuie legată la pămînt.

6.2.12. Elementele de comandă ale dispozitivului de acționare a unui separator pe stîlp trebuie montate astfel, încît să fie manevrabile de către o persoană aflată la nivelul solului.

6.3. Transformatoare de putere și măsură

6.3.1. Condiții generale

a) Se vor respecta condițiile generale privind instalarea echipamentului electric din subcap. 6.1.

b) Transformatoarele pot fi montate atît în interior cît și în exterior. Construcția acestora trebuie să corespundă condițiilor de instalare respective.

c) Transformatoarele de putere cu ulei se recomandă a se monta în exterior.

Instalarea transformatoarelor de putere cu ulei în clădiri se face de regulă în cazul posturilor de transformare sau al punctelor de alimentare din mediul urban și se admite și în cazurile în care montarea în exterior este neindicată din punct de vedere tehnic, economic sau al sistematizării urbane.

d) La instalarea transformatoarelor cu ulei este necesară luarea unor măsuri speciale care sînt arătate în art. 6.6.

e) Transformatoarele trebuie instalate în așa fel, încît să fie asigurate condiții lipsite de pericol pentru supravegherea nivelului de ulei din conservator și din izolatoarele umplute cu ulei, a indicațiilor termometrelor, releelor de gaze, cît și pentru luarea probelor de ulei și pentru alte operații legate de deservirea normală a transformatoarelor.

6.3.2. Montarea transformatoarelor în exterior

a) Se vor respecta condițiile generale de montare a echipamentului electric din art. 6.1. și a transformatoarelor din art. 6.3.1.

b) Distanțele de amplasare a transformatoarelor față de construcții industriale sau civile vor fi cele indicate în articolele 2.1.11., 2.1.12. și 2.1.13.

c) Distanţele minime de amplasare, faţă de construcţiile industriale vecine ale transformatoarelor de putere vor fi cele

Tabelul 11

◆ Distanţe minime la montarea în exterior a transformatoarelor de putere în condiţiile articolului 6.3.2., pct. c

Cota	Distanţa minimă, m	Semnificaţia distanţei
a *	1,25	Între două transformatoare a căror putere, luată separat este mai mică de 63 MVA. Între transformatoare cu puteri egale sau mai mari de 63 MVA, situate la o distanţă între ele mai mică de 15 m, precum şi între fazele transformatoarelor cu faze separate, se va prevedea un perete despărţitor antifoc, care va depăşi gabaritul transformatoarelor cu 1 m pe fiecare parte şi va avea o înălţime cel puţin egală cu punctul cel mai înalt al transformatoarelor Între unităţile transformatoarelor realizate în unităţi separate (unitate principală şi unitate de reglaj), dacă furnizorul nu impune o distanţă mai mare din condiţii de răcire Între transformatorul principal şi transformatorul de servicii proprii, racordat la înfăşurarea terţiară a transformatorului principal, dacă transformatorul de servicii proprii deserveşte în primul rînd transformatorul principal Între un transformator şi un perete despărţitor
	15	Între două transformatoare, cînd puterea unuia este mai mare sau egală cu 63 MVA, dacă nu se prevede perete despărţitor antifoc
b *	2	Între un transformator şi limita de la care nu mai sînt necesare condiţii speciale impuse elementelor clădirii (distanţă măsurată pe orizontală)
c	8	Între cota capacului unui transformator şi limita pentru care se iau măsuri speciale la ferestre, indicate în tabelul 12 (distanţă măsurată pe verticală)
d *	0,8	Între transformator şi clădire, cu respectarea condiţiilor indicate în tabelul 12

* Distanţele se măsoară de la părţile cele mai proeminente ale transformatoarelor situate la o înălţime mai mică de 1,90 m de la sol.

NOTĂ: Pentru transformatoare cu puteri pînă la 1600 kVA inclusiv:
a = 0,6 m între un transformator şi un perete despărţitor;
b = 1,0 m.

Tabelul 12

Condiții de amplasare a transformatoarelor de putere față de diferitele elemente ale construcțiilor indicate în art. 6.3.2., pct. c, în limitele distanței L (fig. 22)

Elementul	Înălțimea la care poate fi amplasat elementul respectiv pe peretele în fața căruia se află transformatorul					
	0...h		h...h+c		> h+c	
	$0,8 < d < 5m$	$5 \leq d < 10 m$	$0,8 < d < 5m$	$5 \leq d < 10 m$	$0,8 < d < 5m$	$5 \leq d < 10 m$
Fereastră permanent închisă, din sticlă armată, cu cercevele incombustibile	nu	nu	da	da	da	da
Fereastră din sticlă armată, cu cercevele incombustibile, cu deschiderea spre interior și cu plasă metalică cu ochiuri de 25 x 25 mm	nu	nu	nu	nu	da	da
Ușă incombustibilă sau greu combustibilă, rezistentă la foc 0,75 h	nu	da	nu	da	nu	da
Gură de ventilație pentru admisie	nu	da	nu	da	nu	da
Idem cu clapetă de închidere, transformatorul fiind prevăzut cu o instalație fixă de stingere a incendiilor	da	da	da	da	da	da
Gură de ventilație pentru refulare	da	da	nu	nu	da	da

NOTĂ:
În afara distanței L sau la o distanță $d \geq 10$ m, nu se prescriu nici un fel de condiții speciale pentru elementele clădirii.

indicate în figura 22 și tabelele 11 și 12, dacă sînt îndeplinite condițiile indicate în articolul 2.1.12. a, și anume :

— construcțiile industriale vecine sînt de gradul I, II sau III rezistență la foc și au categoria de pericol de incendiu C, D sau E ;

— transformatoarele deservesc direct aceste construcții industriale vecine.

d) De-a lungul tuturor transformatoarelor de putere trebuie să existe o cale de acces conform indicațiilor din articolul 4.4.2.

e) Transformatoarele de putere se vopsesc de regulă în culori deschise pentru a micșora încălzirea lor datorită radiațiilor solare.

f) Transformatoarele de putere montate în posturi pe stîlpi trebuie să fie la o înălțime de cel puțin 4, 5 m măsurată de la pămînt pînă la elementele neizolate care sînt în mod normal sub tensiune. Pentru deservirea postului pe stîlp trebuie prevăzută o platformă cu balustradă, la o înălțime de cel puțin 3,5 m ; la posturile așezate pe un singur stîlp construcția platformelor nu este obligatorie.

g) În posturile de transformare pe stîlpi se va monta un singur transformator de putere, a cărui putere nu va depăși de regulă 250 kVA. În cazuri justificate prin concentrări mari de putere, ca de exemplu la unele posturi de abonat, se admite montarea unui transformator de 400 kVA pe doi stîlpi.

6.3.3. Montarea transformatoarelor în interior

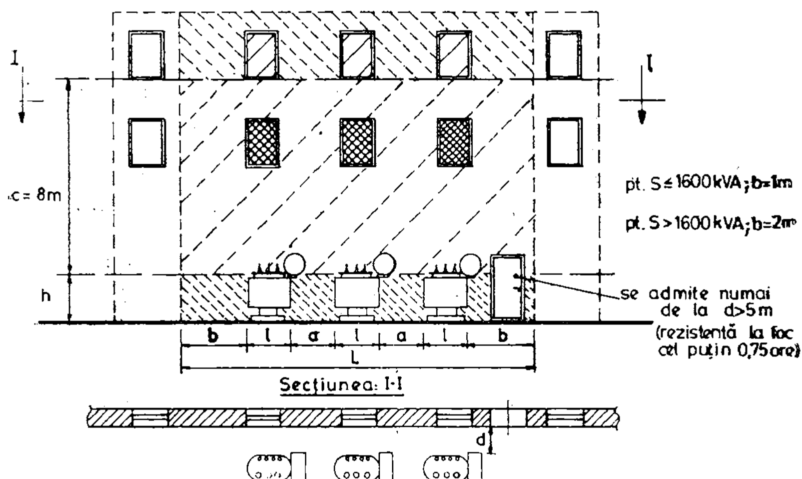
a) Se vor respecta condițiile generale privind montarea echipamentului din art. 6.1. și privind montarea transformatoarelor din articolul 6.3.1.

b) Transformatoarele de măsură vor fi prevăzute pe cît posibil cu izolație uscată, cu fluide incombustibile sau cu o cantitate redusă de ulei.

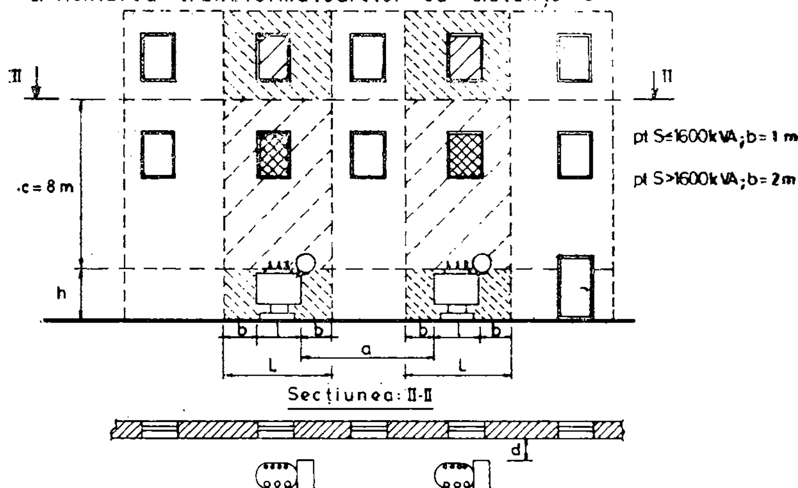
c) În cazurile în care este necesar să se monteze transformatoare de putere la etaje superioare, acestea vor fi de regulă cu izolație neinflamabilă sau uscată.

Se admite montarea transformatoarelor de putere cu ulei pînă la 1 000 kVA inclusiv la etajul I, cu condiția asigurării

1. Montarea transformatoarelor cu distanta a ≤ 2 b



2. Montarea transformatoarelor cu distanţa a > 2 b



Legendă: fereastră obişnuită; fereastră din sticlă armată şi cercevele incombustibile; permanent închisă; fereastra cu deschidere spre interior, cu plasă metalică (ochiuri max. 25 × 25 mm)

Fig. 22. Instalarea în exterior a transformatoarelor de putere cu ulei, în condiţiile art. 6.3.2., pct. c.

NOTĂ:

Se admite deschiderea acestor ferestre spre interior, dacă transformatoarele **sînt** prevăzute cu instalaţii fixe de stingere a incendiilor şi dacă se prevede **posibilitatea** închiderii lor manuale la semnalizarea apariţiei unui incendiu la transformator.

posibilității de transport a acestora numai prin exteriorul clădirii, a colectării a 25% din cantitatea de ulei și a evacuării întregii cantități de ulei în caz de avarie.

d) Transformatoarele de putere nu trebuie să fie instalate sub încăperi cu proces tehnologic umed (spălătorii, vane, dușuri, closete etc.). Excepție fac cazurile în care se iau măsuri speciale de izolare împotriva pătrunderii umezelii (planșee din beton armat monolit cu izolație hidrofugă corespunzătoare etc.).

e) Fiecare transformator de putere cu ulei va fi instalat într-o cameră separată, construită din materiale incombustibile. Se admite instalarea în aceeași cameră a două transformatoare cu ulei cu puteri pînă la 1 000 kVA fiecare, avînd aceeași destinație. Grupurile trifazice de trei transformatoare monofazice se pot instala în aceeași cameră, indiferent de cantitatea de ulei.

f) În clădirile cu categoria de pericol de incendiu D sau E și de gradul I sau II de rezistență la foc, se admite să se amplaseze grupe de transformatoare de putere libere în hale sau pe acoperișul halelor cu următoarele condiții :

— Să deservească în exclusivitate procesul tehnologic din hala respectivă sau procesele tehnologice auxiliare acesteia. În nici un caz nu se admite alimentarea pompelor de incendiu de la aceste transformatoare.

— Celulele de medie și joasă tensiune precum și legăturile cu transformatorul să fie de tip închis.

— Cantitatea maximă de ulei dintr-o grupă, indiferent de numărul de transformatoare, să nu depășească cca. 3 000 kg (se admite amplasarea mai multor asemenea grupe în aceeași hală, dacă distanța dintre ele nu este mai mică de 20 m sau dacă sînt amplasate în încăperi zidite separat ; în cazul în care se amplasează mai multe grupe, cantitatea maximă de ulei din toate grupele nu trebuie să depășească 10 000 kg în total). În cazul transformatoarelor legate tehnologic direct de utilajul alimentat (de exemplu, transformatoarele cuptoarelor electrice și ale electrofiltrelor), nu se limitează cantitatea de ulei.

— Să se prevadă colectarea uleiului conform art. 6.6.3. sub fiecare grupă de transformatoare în parte, indiferent de cantitatea de ulei.

În general se recomandă să se utilizeze aparate cu cantități reduse de ulei.

În clădirile cu categoria de pericol de incendiu D sau E de gradul III de rezistență la foc, se admite amplasarea grupelor de transformatoare de putere în interiorul halelor, cu respectarea condițiilor de mai sus și, în plus, cu condiția ca protejarea acestora să se facă prin cabine înzidite.

g) Se admite instalarea a două transformatoare de putere cu ulei cu o putere totală pînă la 1 260 kVA inclusiv, în încăperi comune cu instalațiile de distribuție de cel mai simplu tip, de înaltă și joasă tensiune (de exemplu, puncte de alimentare din rețelele urbane și posturi de transformare). Această prevedere nu se aplică în cazul în care din instalația respectivă se alimentează pompe de incendiu care nu mai au și altă alimentare de la o sursă independentă.

h) Se permite instalarea în camera transformatoarelor de putere a separatoarelor, siguranțelor sau separatoarelor de sarcină, transformatoarelor de măsură, descărcătoarelor și întreruptoarelor aferente transformatoarelor respective, cu respectarea condițiilor din prezentul normativ privind montarea aparatelor de înaltă tensiune. Comanda întreruptoarelor se va asigura eventual și din afara încăperilor transformatoarelor.

i) În toate cazurile de montare a mai multor transformatoare de putere în încăpere comună, se vor lua măsuri, de regulă pentru a se asigura accesul și manipularea la un transformator cînd celălalt este sub tensiune, cu rezerva menționată la articolul 6.1.3.

j) Distanțele dintre punctul cel mai proeminent al unui transformator de putere și pereții și ușile camerei trebuie să fie cel puțin egale cu valorile din tabelul 13. Excepție fac :

— transformatoarele în posturi prefabricate la care nu este prevăzut accesul persoanelor în compartimentul transformatoarelor, pentru care se vor respecta prevederile din articolul 5.2.7 ;

— transformatoarele cu puteri pînă la 630 kVA inclusiv, amplasate în posturi de transformare în aceeași încăpere cu instalațiile de distribuție aferente pentru care distanțele față de pereții laterali și față de peretele din spate nu se normează, cu condiția realizării ventilației necesare în conformitate cu articolul 6.3.3. pct. k.

Tabelul 13

Distanţele minime de la transformatoarele de putere pînă la pereţii şi uşile camerelor

Nr. crt.	Distanţa de la cuvă, m *	Puterea transformatorului, kVA		
		< 400	400—1000	> 1000
1	Pînă la pereţi	0,3	0,5	0,6
2	Pînă la uşi	0,6	0,8	1

* Vezi şi articolul 5.1.24.

NOTĂ:

Distanţele se măsoară de la părţile cele mai proeminente ale transformatoarelor, inclusiv accesoriile lor situate pînă la o înălţime de 1,9 m de la pardoseală la transformatoare pînă la 1 600 kVA inclusiv şi indiferent de înălţime la puteri mai mari.

k) În încăperile în care se instalează transformatoare de putere trebuie să se prevadă un sistem de ventilare care să asigure funcţionarea transformatorului la sarcina nominală la o diferenţă de maximum 15°C între temperatura aerului la intrare şi la ieşire.

l) Sistemul de ventilaţie al transformatoarelor de putere trebuie să fie independent de alte sisteme de ventilaţie. Spre exterior orificiile de ventilaţie trebuie să fie închise cu jaluzele şi plase metalice cu ochiuri de maximum 8 × 8 mm şi să fie plasate la cel puţin 0,25 m de la sol.

m) Dacă deasupra orificiilor de ventilaţie sau a uşilor camerelor de transformator cu ieşire în exterior există o fereastră la un alt etaj, atunci pe întreaga lăţime a camerei de transformator trebuie să se prevadă o copertină rezistentă la foc, de 700 mm lăţime.

n) În cazul centralelor electrice subterane se prevăd următoarele :

— la transformatoarele mari, cu ulei în cantitate mai mare de 20 t pe unitate, pentru a uşura operaţiile de umplere, golire, transport şi revizii, se va prevedea o încăpere pentru un rezervor de ulei curat, cu un volum cu 10% mai mare decît volumul de ulei din transformatorul cel mai mare ;

— în cazul existenței unei instalații de ventilație mecanică, se interzice recircularea aerului din boxele transformatoarelor în alte încăperi tehnologice ; curentul de aer trebuie să fie evacuat în exteriorul centralei.

6.4. Bobine

6.4.1. Pentru alegerea, dimensionarea și instalarea bobinelor se vor aplica prevederile indicate la par. 6.1.

6.4.2. În cazul bobinelor cu ulei este necesar să se respecte prevederile din articolele 6.3.1., 6.3.2. (alineatele a, b, c, d) și 6.3.3. (cu excepția alineatelor b și c), cu observația că termenul „transformatoare" se înlocuiește cu „bobine cu ulei", iar puterea transformatoarelor cu „cantitatea de ulei care corespunde celei din transformatoarele cu puterea respectivă, din fabricația curentă din țară".

6.4.3. În exterior, între bobinele cu ulei pentru compensarea rețelelor de 400 kV sau între bobinele de stingere trebuie prevăzuți pereți despărțitori antifoc, care vor depăși gabaritul bobinei cu 1 m pe fiecare parte și vor avea înălțimea cel puțin egală cu înălțimea bobinei.

6.4.4. Bobinele cu ulei în instalațiile de interior trebuie să fie montate în cabine separate, iar bobinele uscate în aer (de exemplu, grupul trifazat al unei bobine pentru limitarea curenților de scurtcircuit) trebuie montate, de regulă, în camere sau celule separate.

6.4.5. Camerele bobinelor uscate trebuie să fie prevăzute cu un sistem de ventilație naturală organizată, care se dimensionează în funcție de datele impuse de fabrica furnizoare.

În cazul în care nu se poate aplica ventilația naturală organizată se va recurge la ventilația mecanică, supravegheată prin aparate de semnalizare.

Sistemul de ventilație a bobinelor uscate poate fi comun pentru mai multe bobine, dar independent de alte sisteme de ventilație mecanică. Orificiile de ventilație spre exterior trebuie să fie închise cu jaluzele și plase metalice cu ochiuri de maximum 8 × 8 mm și plasate la cel puțin 0,25 m de la sol.

6.4.6. Bobinele uscate pentru limitarea curenților de scurtcircuit trebuie să fie montate în conformitate cu prescripțiile fabricii constructoare, ținînd seama de efectul cîmpului magnetic al bobinei.

6.4.7. În camerele bobinelor uscate (în aer), pentru limitarea curenților de scurtcircuit, se va prevedea posibilitatea instalării dispozitivelor pentru manipularea fazelor bobinei.

6.4.8. Se admite ca scoaterea bobinei din camerele respective să se facă și prin demontarea (demolarea) pereților camerelor în care sînt instalate.

6.5. Descărcătoare

6.5.1. Pentru alegerea, dimensionarea și instalarea descărcătoarelor se vor aplica prevederile din art. 6.1.

6.5.2. Descărcătoarele din instalațiile electrice trebuie să fie astfel dispuse, încît funcționarea lor normală (inclusiv evacuarea gazelor din descărcătoarele tubulare sau funcționarea membranei de suprapresiune la cele cu rezistență variabilă) să nu pericliteze personalul de deservire.

Această condiție se consideră satisfăcută dacă aparatele sînt montate în conformitate cu instrucțiunile fabricii furnizoare.

6.5.3. În cazul montării descărcătoarelor în instalații de tip interior, în apropierea altor aparate, cînd acestea din urmă pot fi afectate de funcționarea descărcătoarelor, din cauza distanțelor reduse, este necesar să se monteze pereți de protecție între descărcătoare și celelalte aparate.

6.6. Condiții speciale privind instalarea echipamentului cu ulei

6.6.1. Generalități

a) La instalarea echipamentului care conține ulei, este necesar să se ia măsuri pentru apărarea calității resurselor de

apă de suprafaţă şi subterane împotriva impurificării prin scurgeri de ulei, atît în situaţii de exploatare normală cît şi în caz de incident sau accident.

În acelaşi timp, se vor lua măsuri pentru evitarea dezvoltării şi extinderii incendiilor prin răspîndirea uleiului aprins.

b) Se consideră că sînt îndeplinite condiţiile de mai sus, dacă instalarea echipamentului se face cu respectarea măsurilor indicate în continuare.

6.6.2. Transformatoare de putere şi bobine de compensare cu ulei instalate în exterior

a) În cazul transformatoarelor de putere şi al bobinelor de compensare cu o cantitate de ulei pînă la circa 1 000 kg este suficientă prevederea sub aceste aparate a unor praguri cu o înălţime de cel puţin 50 mm deasupra nivelului solului, care să reţină mici scurgeri de ulei.

Această prevedere nu se referă la posturile de transformare pe stîlpi, la care nu se prevăd amenajări pentru colectarea uleiului.

b) În cazul transformatoarelor de putere şi al bobinelor de compensare cu o cantitate de ulei cuprinsă între limitele de circa 1 000—20 000 kg, este necesară prevederea unei cuve de colectare a uleiului, de regulă din material care să împiedice scurgerea uleiului în pămînt (de exemplu, din beton), ale cărei dimensiuni în plan orizontal vor depăşi gabaritele părţilor conţinînd ulei ale echipamentului, de fiecare parte cu cel puţin 0,6 m, la o cantitate de ulei pînă la circa 2 000 kg, şi cu cel puţin 1 m, la o cantitate de ulei mai mare.

Cuva va avea praguri de cel puţin 50 mm înălţime deasupra solului, iar pînă la înălţimea solului va fi umplută cu piatră spartă curată (neamestecată cu pămînt), pe cît posibil rotundă, avînd diametrul de 60—80 mm (la care se consideră că volumul golurilor reprezintă 1/5 din volumul total ocupat de piatra spartă).

Volumul cuvei trebuie să permită reţinerea în golurile dintre bucăţile de piatră spartă a cel puţin 1/10 din cantitatea totală de ulei a echipamentului.

Într-un colţ al cuvei se va prevedea o amenajare, permiţînd introducerea pînă la fundul cuvei a sorbului unei pompe, în scopul evacuării apei de ploaie şi a uleiului. În acelaşi scop, fundul cuvei va avea o pantă corespunzătoare de circa 2%.

Prevederile de mai sus, cu excepţia celor de la aliniatul 1, nu se referă la transformatoarele din centralele electrice, la care vor fi respectate indicaţiile de la pct. următor.

c) În cazul transformatoarelor de putere şi al bobinelor de compensare cu o cantitate de ulei mai mare de circa 20 000 kg, precum şi în cazul transformatoarelor din centralele electrice, este necesară prevederea unei cuve de colectare a uleiului, de regulă, din material care să împiedice scurgerea uleiului în pămînt (de exemplu, din beton), ale cărei dimensiuni în plan orizontal vor depăşi gabaritele părţilor conţinînd ulei ale echipamentului cu cel puţin 1 m de fiecare parte.

Cuva va avea praguri de cel puţin 50 mm înălţime deasupra solului. În partea superioară a cuvei se va prevedea un strat de piatră spartă de circa 200 mm grosime, dispus pe un grătar, de regulă metalic.

În volumul liber al cuvei, considerat de la circa 50 mm sub nivelul grătarului pînă la fund, trebuie să poată fi reţinută întreaga cantitate de ulei a echipamentului.

Într-un colţ al cuvei se va prevedea o amenajare, permiţînd introducerea pînă la fundul cuvei a sorbului unei pompe, în scopul evacuării apei de ploaie şi a uleiului. În acelaşi scop, fundul cuvei va avea o pantă corespunzătoare de circa 2%.

În cazul mai multor transformatoare sau bobine de compensare cu ulei se admite colectarea uleiului într-un colector comun în următoarele condiţii :

— Colectorul comun trebuie să fie construit, de regulă, din material etanş la ulei (de exemplu din beton) şi complet închis (cu capac de vizitare) pentru a asigura stingerea de la sine a uleiului aprins. El trebuie să poată cuprinde cel puţin 75% din cantitatea cea mai mare de ulei conţinută într-un transformator sau într-o bobină de compensare.

— Sub fiecare transformator sau bobină de compensare este necesar să se prevadă o cuvă de colectare a uleiului, realizată după indicaţiile de mai sus, care să reţină cel puţin 25% din cantitatea de ulei a echipamentului respectiv, urmînd ca numai uleiul ce depăşeşte această cantitate să se scurgă în colectorul comun.

— Legătura dintre cuvele individuale şi colectorul comun trebuie să se facă cu conducte avînd un diametru de minimum

200 mm, capetele acestora dinspre cuvele individuale fiind prevăzute cu grătare de protecţie, iar panta canalizării fiind de minimum 2%.

În locul colectorului comun se admite ca evacuarea uleiului din transformatorul sau bobina avariată să se facă atît în cuva respectivă, cît şi în cuvele celorlalte transformatoare sau bobine. Capacitatea de reţinere a fiecărei cuve va fi de minimum 25% din cantitatea de ulei a echipamentului respectiv, iar suma capacităţilor de reţinere a tuturor cuvelor individuale, inclusiv a canalizărilor, va fi cel puţin egală cu cea mai mare cantitate de ulei conţinută într-o singură unitate de echipament. Cuvele individuale vor fi legate între ele cu conducte avînd un diametru de minimum 200 mm.

6.6.3. Transformatoare şi aparate cu ulei montate în interior

În funcţie de cantitatea de ulei conţinută în transformatoarele şi aparatele cu ulei instalate în interiorul clădirilor se vor lua următoarele măsuri :

a) La cantităţi de ulei în aceeaşi cuvă pînă la 600 kg este suficient să se prevadă numai un prag din material rezistent la foc, care trebuie să reţină întreaga cantitate de ulei din cuvă. Reţinerea prin prag va putea fi adoptată şi pentru transformatoarele de putere din posturile de transformare din reţelele de distribuţie urbană sau rurală dacă puterea unitară a transformatoarelor nu depăşeşte 1 000 kVA, indiferent de cantitatea de ulei conţinută în cuvă. În acest caz se admite ca pragul să fie dimensionat pentru a reţine în cadrul postului întreaga cantitate de ulei din cel mai mare transformator.

Cînd soluţia de mai sus nu poate fi aplicată, precum şi la posturile înglobate în construcţie edilitară se admite folosirea soluţiei indicate la pct. b următor.

b) La cantităţi de ulei de peste 600 kg în aceeaşi cuvă, cu excepţia celor din alineatul precedent, se va prevedea sub transformator sau sub aparat un colector pentru reţinerea întregii cantităţi de ulei. Se admite ca acest colector să reţină numai o parte din ulei, dar nu mai puţin de 20% din volumul total de ulei ; în acest caz se va asigura evacuarea uleiului din colector într-un rezervor dimensionat pentru întreaga cantitate de ulei din cel mai mare transformator.

Sistemul de evacuare a uleiului va fi realizat din ţevi cu un diametru minim de 200 mm, cu grătare de protecţie.

Colectorul de ulei de sub transformator sau de sub aparat se acoperă cu un grătar metalic, pe care se așază un strat de piatră spartă, cu o înălțime de 20 cm ; mărimea pietrelor va fi cuprinsă între 40 și 60 mm.

La pierderea întregii cantități de ulei din transformator sau din aparat, nivelul uleiului în colector trebuie să se găsească la minimum 50 mm sub grătar. În cazul transformatoarelor nivelul superior al stratului de piatră trebuie să fie cu 75 mm sub deschiderea canalului de aducțiune a aerului de ventilare. Fundul colectorului trebuie să fie prevăzut cu o pantă de 2%, spre un cămin cu dimensiunile minime de 200 × × 200 × 200 mm, și cu o țeavă pînă la nivelul pardoselii, care să permită introducerea sorbului pompei de absorbție a uleiului.

Suprafața colectorului trebuie să fie cel puțin egală cu gabaritul orizontal al transformatorului sau aparatului.

La transformatoarele montate în instalații de interior cu personal permanent și prevăzute cu semnalizatoare de incendiu și instalații fixe de stingere, nu este obligatorie prevederea stingătorului de flacără din strat de pietriș, asigurîndu-se însă o suprafață de evacuare a uleiului de minimum 0,1 m^2.

c) Se vor lua măsuri în vederea împiedicării scurgerii uleiului în canalele de cabluri.

d) În cazul instalării transformatoarelor cu ulei la etajul I, se vor lua măsuri în vederea împiedicării scurgerii uleiului în alte instalații aflate la nivelul inferior.

6.7. Căi de curent

6.7.1. Condiții generale

a) Pentru căile de curent din instalațiile de înaltă tensiune se vor folosi, de regulă, conductoare flexibile sau rigide de aluminiu, aliaje de aluminiu, oțel-aluminiu sau oțel. Folosirea conductoarelor de cupru se admite numai pe bază de justificări tehnico-economice.

b) Conductoarele neizolate se recomandă a se utiliza ori de cîte ori acest lucru este posibil din punct de vedere tehnic și avantajos din punct de vedere economic.

c) Pentru legături importante de mare intensitate, pot fi prevăzute conductoare neizolate rigide, în construcție capsulată, în vederea protejării legăturilor împotriva diverșilor agenți externi, a reducerii riscurilor de scurtcircuit, a diminuării eforturilor mecanice corespunzătoare, a eliminării pericolului atingerilor accidentale.

d) Dimensionarea conductoarelor neizolate se va face în conformitate cu instrucțiunile de proiectare departamentale corespunzătoare, ținîndu-se seama de următoarele elemente: curentul admisibil de durată, stabilitatea termică la scurtcircuit, eforturile mecanice în diverse condiții de mediu, inclusiv în situația unui scurtcircuit, efectul corona (la tensiuni nominale de 60 kV și mai mari).

e) Temperatura maximă de regim a conductoarelor neizolate nu trebuie să depășească, de regulă, +70°C. Temperaturi mai mari se admit numai cu condiția să fie evitat pericolul deteriorării contactelor și al scăderii inadmisibile a rezistenței mecanice.

f) Alegerea cablurilor se va face în conformitate cu normativele și instrucțiunile de proiectare departamentale corespunzătoare, precum și cu indicațiile întreprinderii constructoare a cablurilor, ținîndu-se seama de următoarele elemente : tensiunea și frecvența nominală a rețelei, condițiile de legare la pămînt a neutrului rețelei, condițiile de mediu, modul de așezare, lungimea traseului, curentul de durată și regimul suprasarcinilor temporare, stabilitatea termică și dinamică la scurtcircuit, supratensiunile care pot să apară, pericolul de incendiu și de explozie.

g) La montarea conductoarelor rigide se vor lua măsurile necesare, care să permită dilatarea conductoarelor și preluarea vibrațiilor produse de manevrarea aparatelor de conectare.

h) Îmbinările și contactele căilor de curent vor asigura posibilitatea de trecere a curentului electric corespunzător secțiunii curente, rezistența mecanică necesară și păstrarea în timp a calităților mecanice și electrice ale contactelor.

i) Îmbinarea conductoarelor se poate face cu șuruburi sau prin sudură. Îmbinarea prin lipire nu se admite.

j) În scopul supravegherii temperaturii îmbinărilor la conductoarele rigide ale căilor de curent pentru intensități mari, se recomandă vopsirea îmbinărilor cu vopsea care își schimbă culoarea în funcție de temperatură.

k) În instalaţiile cu tensiuni nominale de 60 kV sau mai mari, armăturile şi diversele piese auxiliare ale căilor de curent vor avea astfel de forme, încît să fie evitată apariţia descărcărilor corona.

l) În cazul folosirii scurtcircuitoarelor mobile, în vederea fixării acestora trebuie să se prevadă pe conductoare locuri neizolate (nevopsite), cu suprafeţe de contact corespunzătoare.

De asemenea, pentru legarea la pămînt a scurtcircuitoarelor mobile trebuie să se prevadă borne speciale în instalaţia de legare la pămînt, cu suprafeţe de contact şi secţiuni corespunzătoare pentru trecerea curenţilor de punere la pămînt şi de scurtcircuit. La amplasarea bornelor de legare la pămînt se va ţine seama de lungimile uzuale ale scurtcircuitoarelor mobile.

m) Pentru susţinerea conductoarelor neizolate se vor folosi izolatoare alese în funcţie de condiţiile electrice care se impun şi de solicitările mecanice transmise de conductoare.

n) Armăturile izolatoarelor trebuie să fie astfel constituite, încît temperatura lor să nu depăşească +70°C datorită curentului maxim de durată al căii de curent.

o) La tensiuni nominale de 110 kV şi mai mari, lanţurile de izolatoare de suspensie vor fi prevăzute cu armături de protecţie.

6.7.2. Căi de curent pentru instalaţii exterioare

a) Condiţiile generale pentru căile de curent sînt arătate în art. 6.7.1.

b) Căile de curent se vor executa de regulă din conductoare neizolate, flexibile sau rigide. Se admite utilizarea cablurilor numai în cazul dificultăţilor de folosire a conductoarelor neizolate (traseu dificil, mediu agresiv) (vezi şi art. 2.1.9.).

c) Calculul mecanic al conductoarelor neizolate flexibile se va face luînd în considerare greutatea proprie a conductoarelor, a lanţurilor de izolatoare, a derivaţiilor şi a altor elemente din deschidere, precum şi sarcinile datorate chiciurii, vîntului şi forţelor electrodinamice produse de curenţii de scurtcircuit.

Calculul trebuie efectuat pentru situaţiile (stările) din tabelul 14.

Valorile de calcul ale temperaturii aerului, vitezei vîntului şi grosimii stratului de chiciură sînt cele indicate în cap. 3

Tabelul 14

Stările pentru calculul mecanic al conductoarelor neizolate flexibile din instalaţiile exterioare

Starea	Temperatura conductorului	Viteza vîntului	Chiciură	Scurtcircuit
I	—30°C	—	—	—
II	—5°C	$V_{max.}$	—	—
III	—5°C	V_c	da	—
IV	+70°C	—	—	—
V	—5°C	V_c	da	maxim

NOTĂ:

Valorile $V_{max.}$ şi V_c sînt indicate în tabelul 7.

(tab. 6 şi 7) şi anexa I. În anumite zone cu caracter local, în care se constată condiţii climatice mai grele decît cele indicate în tabelele 6 şi 7 se pot adopta în calcul valorile cele mai defavorabile, care apar cel puţin o dată la 10 ani pentru instalaţiile cu tensiunea nominală pînă la 110 kV inclusiv, respectiv cel puţin o dată la 15 ani pentru cele cu tensiunea nominală mai mare de 110 kV. Adoptarea acestor valori va fi justificată prin date statistice.

d) În cazul conductoarelor flexibile fasciculare, trebuie să fie luate în considerare şi eforturile suplimentare care apar ca urmare a atracţiei dintre conductoarele aceleiaşi faze.

e) Izolatoarele pentru susţinerea căilor de curent din medii poluate se vor alege cu respectarea măsurilor prevăzute în prescripţiile de proiectare a instalaţiilor electrice din zone poluate.

f) Coeficientul de siguranţă mecanică al conductoarelor flexibile şi al armăturilor de legătură trebuie să fie cel puţin 4 la stările I—IV şi cel puţin 2 la starea V, în raport cu efortul specific de rupere.

g) Coeficientul de siguranţă mecanică al izolatoarelor trebuie să fie cel puţin egal cu valoarea corespunzătoare indicată în tabelul 15.

Tabelul 15

Condiţii de verificare la eforturi mecanice a izolatoarelor din instalaţiile exterioare şi interioare

Starea (situaţia)	Coeficientul de siguranţă mecanică		
	Izolatoare de suspensie		Izolatoare suport şi de trecere
	Străpungibile (tip capă şi tijă)	Nestrăpungibile (tip tijă sau cu inimă plină)	
I—IV (toate situaţiile afară de scurtcircuit)	4 (faţă de sarcina de distrugere electromecanică)	4 (faţă de sarcina mecanică de încercare individuală) 5,6 * (faţă de sarcina medie de rupere)	2,5 (faţă de sarcina minimă de rupere)
V, V′ (scurtcircuit)	2 (faţă de sarcina de distrugere electromecanică)	2 (faţă de sarcina mecanică de încercare individuală) 2,8 * (faţă de sarcina medie de rupere)	1,25 (faţă de sarcina minimă de rupere)

* Numai dacă nu este precizată sarcina mecanică de încercare individuală.

6.7.3. Căi de curent pentru instalaţii interioare

a) Condiţiile generale pentru căile de curent sînt arătate în art. 6.7.1.

b) Calculul mecanic al conductoarelor neizolate flexibile se va face luînd în considerare greutatea proprie a conductoarelor, a lanţurilor de izolatoare, a derivaţiilor şi a altor elemente din deschidere, precum şi forţele electrodinamice produse de curenţii de scurtcircuit.

Calculul trebuie efectuat pentru situaţiile (stările) din tabelul 16.

c) În cazul conductoarelor flexibile fasciculare, trebuie luate în considerare şi eforturile suplimentare care apar ca urmare a atracţiei dintre conductoarele aceleiaşi faze.

d) Coeficientul de siguranţă mecanică al conductoarelor flexibile şi al armăturilor de legătură trebuie să fie cel puţin 4 la stările I şi IV şi cel puţin 2 la starea V′; în raport cu efortul specific de rupere.

Tabelul 16

Stările pentru calculul mecanic al conductoarelor neizolate flexibile din instalațiile interioare

Starea	Temperatura conductorului	Scurtcircuit
I	—5°C	—
IV	+70°C	—
V'	—5°C	maxim

e) Coeficientul de siguranță mecanică al izolatoarelor trebuie să fie cel puțin egal cu valoarea corespunzătoare indicată în tabelul 15.

6.8. Instalații de stingere a incendiilor la transformatoare

6.8.1. Se vor prevedea instalații fixe cu apă pulverizată pentru stingerea incendiilor la următoarele categorii de transformatoare și autotransformatoare cu ulei :

— transformatoare cu putere unitară peste 40 MVA, instalate în clădiri supraterane ;

— transformatoare de putere și bobine în ulei montate în centrele electrice subterane, indiferent de putere ;

— transformatoare montate în CET ale blocurilor cu puteri unitare de 50 MW și mai mari și cele montate în CTE ale blocurilor cu puteri mai mari de 50 MW, inclusiv cele de servicii proprii aferente și cele de servicii generale aflate la distanțe mai mici de 15 m față de acestea sau la distanțe mai mici de 10 m față de clădirea principală ;

— transformatoare și autotransformatoare cu tensiunea nominală egală sau mai mare de 400 kV și cu puteri nominale trifazate de 200 MVA sau mai mari, aparținînd stațiilor electrice și fiind instalate în aer liber, dacă stația respectivă cuprinde cel puțin două unități în situația de mai sus ; unitățile de reglaj al tensiunii, cînd sînt realizate în cuve separate, nu vor fi considerate unități distincte.

7. DIVERSE INSTALAŢII ŞI AMENAJĂRI

◆ **7.1.** Instalaţiile electrice trebuie să fie prevăzute cu iluminat electric în conformitate cu prevederile prescripţiilor : PE 022, I 7 şi PE 136.

În cazul în care părţi din instalaţia de iluminat se găsesc în apropierea instalaţiilor electrice de înaltă tensiune, se vor respecta prevederile din subcap. 4.2., 4.3., 5.2. şi 5.3., referitoare la distanţele faţă de instalaţiile de înaltă tensiune.

Corpurile de iluminat vor fi astfel montate, încît să se obţină securitatea deservirii lor de către personalul instruit (înlocuirea lămpilor etc.). În cazul corpurilor de iluminat a căror deservire se face numai după rebatere, este necesar ca în poziţie normală şi în timpul rebaterii să fie respectate indicaţiile din art. 4.2.6. şi 5.2.3., iar în timpul executării unor lucrări la aceste corpuri de iluminat trebuie să fie respectate indicaţiile din art. 4.3.7. şi 5.3.9.

Lucrările la corpurile de iluminat ce se execută în cadrul zonelor de circulaţie din instalaţiile exterioare pînă la înălţimea de 2,50 m deasupra solului, precum şi în cadrul zonelor de circulaţie din instalaţiile interioare, pînă la înălţimea de 2,30 m deasupra pardoselii, nu necesită măsuri de protecţie speciale.

7.2. Se interzice montarea liniilor aeriene de iluminat, de telecomunicaţii sau de semnalizare deasupra şi sub părţile aflate sub tensiune ale instalaţiilor.

7.3. În instalaţiile electrice cu personal permanent sau în cazul în care există clădiri de locuit pentru personalul de exploatare este necesar să se asigure alimentarea cu apă de băut, prin racordarea la o conductă de apă sau prin construirea unor fîntîni.

7.4. În instalaţiile electrice avînd personal permanent de exploatare şi racord la o conductă de apă se vor prevedea de regulă closete cu apă şi canalizare. În lipsa unor conducte de canalizare, se vor amenaja canalizări locale cu decantoare sau filtre.

Pentru instalaţiile fără personal permanent de exploatare se admit closete cu gropi de vidanjare (fose septice).

7.5. Instalaţiile electrice trebuie prevăzute cu :

a) O cantitate suficientă de scurtcircuitoare mobile, stabilită în raport cu mărimea instalaţiilor respective.

b) Mijloace de protecţie în conformitate cu prevederile din normele de protecţie a muncii.

c) Mijloace mobile şi fixe pentru stingerea incendiilor (lăzi cu nisip, găleţi, lopeţi, tîrnăcoape etc.) instalate conform normelor P.S.I. pe ramura energiei electrice şi termice.

Dotările de mai sus nu se referă la posturile de transformare, întrucît în aceste cazuri sînt dotate corespunzător echipele de întreţinere sau intervenţie.

7.6. În instalaţiile subterane (cu excepţia posturilor de transformare) semnalizarea pătrunderii apei în instalaţie se va conecta la sistemul de semnalizare generală a diverselor avarii ce pot apărea în instalaţia respectivă.

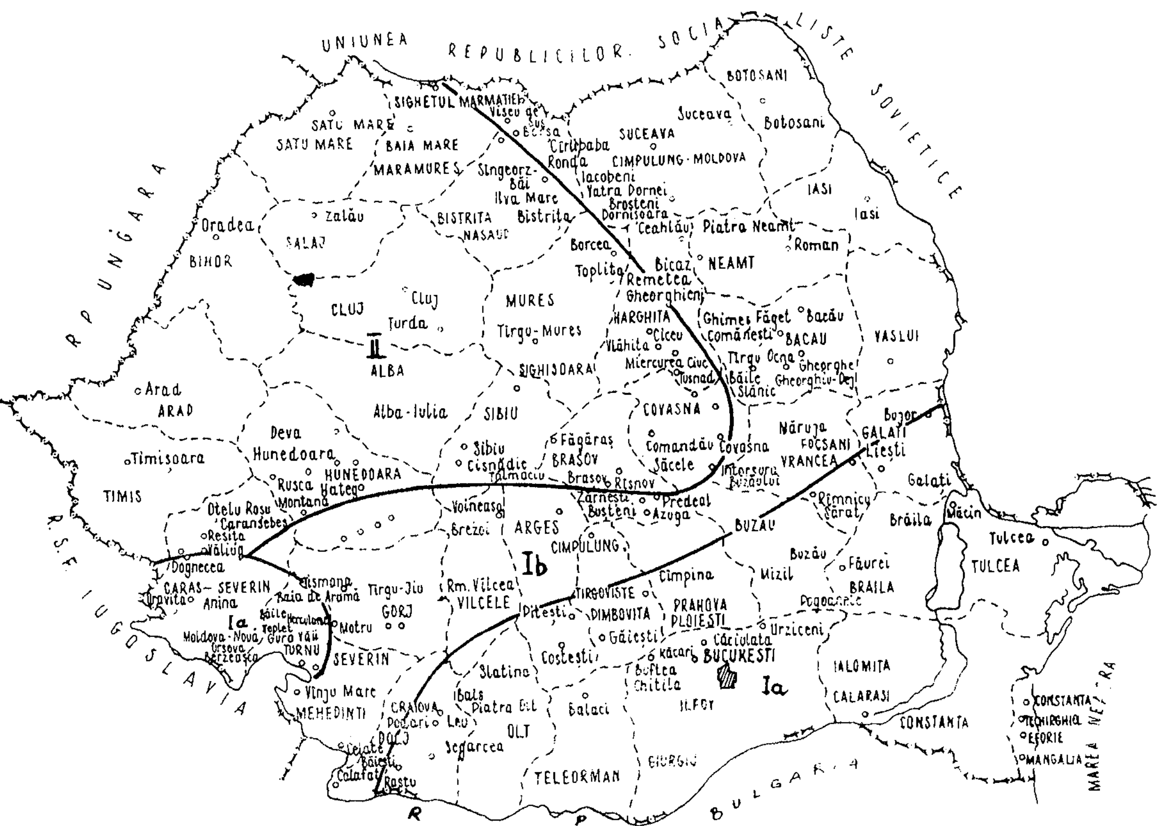

UNIUNEA REPUBLICILOR SOCIALISTE SOVIETICE
R. P. UNGARA
R.S.F. IUGOSLAVIA
R. P. BULGARIA
MAREA NEAGRA
BOTOSANI
Botosani
Suceava
SUCEAVA
CIMPULUNG-MOLDOVA
IASI
Iasi
NEAMT
Piatra Neamt
Roman
VASLUI
BACAU
Bacău
HARGHITA
COVASNA
MURES
Tirgu-Mures
BISTRITA NASAUD
Bistrita
MARAMURES
BAIA MARE
SIGHETUL MARMATIEI
SATU MARE
SALAJ
Zalău
CLUJ
Cluj
Turda
ALBA
Alba-Iulia
BIHOR
Oradea
ARAD
Arad
TIMIS
Timisoara
HUNEDOARA
Hunedoara
Deva
SIBIU
Sibiu
SIGHISOARA
BRASOV
Brasov
Făgăras
VRANCEA
FOCSANI
GALATI
Galati
Brăila
BRAILA
TULCEA
Tulcea
Măcin
CONSTANTA
IALOMITA
CALARASI
BUZAU
Buzău
PRAHOVA
PLOIESTI
Cimpina
DIMBOVITA
TIRGOVISTE
BUCURESTI
ILFOV
GIURGIU
ARGES
CIMPULUNG
Pitesti
VILCELE
Rm. Vilcea
GORJ
Tirgu-Jiu
OLT
Slatina
TELEORMAN
DOLJ
CRAIOVA
MEHEDINTI
SEVERIN
TURNU
CARAS-SEVERIN
Anina
Resita
Caransebes
Ia
Ib
II

Fig. 23

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Normativ pentru proiectarea instalațiilor de conexiuni și distribuție cu tensiuni pînă la 1 000 V c.a. în unitățile energetice	PE 102/69 Grupa 1 Electroenergetică

C U P R I N S

Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 6/10.I.69	Înlocuiește : prescripția 14/61	Data intrării în vigoare : 1.IV.69

1. GENERALITĂŢI

1.1. Domeniul de aplicare

1.1.1. Prezentul normativ se aplică la proiectarea şi execuţia instalaţiilor electrice de conexiuni şi distribuţie, fixe şi definitive, cu tensiunea pînă la 1 000 V, din unităţile energetice, şi anume : din centrale electrice, centrale termice, staţii de transformare şi conexiuni, posturi de transformare şi puncte de alimentare.

1.1.2. Proiectarea şi execuţia instalaţiilor electrice aferente construcţiilor din unităţile energetice indicate la pct. 1.1.1. se vor realiza în conformitate cu „Normativul pentru proiectarea şi executarea instalaţiilor electrice interioare cu tensiuni pînă la 1 000 V“ (I 7).

1.1.3. Prezentul normativ nu se aplică la încăperile cu pericol de incendiu A şi B, pentru care se vor folosi normative speciale.

◆ **1.1.4.** Prezentul normativ se aplică la instalaţiile noi. Instalaţiile care la data intrării în vigoare a prezentului normativ sînt executate, în conformitate cu prescripţia M.E.E. — 14—61, urmează a se menţine în situaţia existentă.

1.1.5. Extinderea instalaţiilor aflate în funcţiune sau înlocuirea unor echipamente din acestea se admit a se face în conformitate cu vechile prescripţii nr. 14—61, ţinînd seama şi de prevederile de la punctul 1.1.4. şi numai dacă realizarea extinderii sau înlocuirea unor echipamente, în conformitate cu prezentul normativ, conduce la dificultăţi de realizare. Extinderile după vechile prescripţii se vor justifica prin proiect.

1.1.6. În afara prevederilor din prezentul normativ, la amenajarea instalaţiilor electrice menţionate la punctul 1.1.1. trebuie să se ţină seama de prevederile standardelor, prescripţiilor şi normativelor în vigoare.

1.2. Definiții

1.2.1. Definiții generale

◆ a) *Aparate electrice,* în sensul prezentului normativ, se consideră toate obiectele principale, exclusiv (auto)transformatoarele de putere cu care se echipează instalațiile electrice ca de exemplu :

— aparate de conectare ca : separatoare, întreruptoare (inclusiv dispozitivele lor de acționare) ;

— siguranțe și alte dispozitive de protecție ;

— transformatoare de măsură.

◆ b) *Materiale electrice,* în sensul prezentului normativ, se consideră toate obiectele care servesc la asamblarea (auto) transformatoarelor de putere și a aparatelor electrice din instalațiile electrice, ca de exemplu :

— conductoare, izolate sau neizolate ;

— izolatoare ;

— cleme, armături etc.

◆ c) *Echipament electric,* în sensul prezentului normativ, reprezintă totalitatea (auto)transformatoarelor, aparatelor și materialelor electrice cu care se echipează instalațiile electrice.

d) *Tensiune nominală* (U_N) este valoarea (eficace) a tensiunii între faze, după care se denumește instalația.

e) *Separare de lucru* se numește separarea unei instalații electrice sau a unei părți din instalație, de elementele aflate sub tensiune, pe toate părțile și pe toate fazele pe care urmează a se lucra, cu respectarea normelor de protecție a muncii în vigoare pentru instalații electrice.

f) *Distanțe de izolare în aer,* între două părți sub tensiune neizolate sau între acestea și părți legate la pămînt, sînt distanțele cele mai scurte în aer liber fără intercalații din alte materiale izolante.

g) *Distanță de conturnare* reprezintă distanța cea mai scurtă de-a lungul izolației, între părți sub tensiune neizolate sau între acestea și părți legate la pămînt.

◆ h) *Distanțe de protecție contra atingerilor accidentale,* în interiorul spațiilor de producție electrică sînt distanțele determinate de condiția împiedicării unor atingeri accidentale a părților sub tensiune de către personalul de exploatare sau de

către utilajele de exploatare şi de întreţinere, în condiţiile respectării normelor de protecţie a muncii în vigoare pentru instalaţii electrice.

1.2.2. Categorii de instalaţii

a) *Instalație electrică de conexiune și distribuție*, în sensul prezentului normativ, se numeşte acea instalație care serveşte la primirea și distribuirea energiei electrice și care cuprinde ansamblul **tablourilor electrice de forţă (principale şi secundare) și a aparatelor, inclusiv căile de curent pentru alimentarea** lor.

b) *Instalații electrice de utilizare*, în sensul prezentului normativ, sînt acele instalații care cuprind circuitele receptoarelor individuale (motoare etc.) alimentate din tablourile de forță (principale și secundare) precum și circuitele pentru iluminat, ventilaţie, încălzire, poduri rulante etc.

c) *Instalație electrică de interior de tip „deschis“* este acea instalație electrică de interior în care persoanele sînt protejate numai împotriva atingerilor accidentale a părților sub tensiune.

◆ d) *Instalație electrică de interior de tip „închis“* este acea instalație electrică de interior, în care echipamentul electric este dispus în carcase închise (neetanșe față de aerul atmosferic), astfel încît nici o parte sub tensiune din instalație nu poate fi atinsă.

◆ e) *Instalație electrică capsulată* (închisă etanș) este acea instalaţie electrică în care echipamentele electrice sînt complet închise în carcase de protecție etanșe față de aerul atmosferic.

1.2.3. Categorii de încăperi

Se definesc în accepțiunea prezentului normativ următoarele categorii de încăperi :

a) *Încăpere* sau *spațiu de producție* se numește acea încăpere sau spațiu, în care se efectuează diverse operații sau procese tehnologice și care sînt accesibile și persoanelor neinstruite în exploatarea instalațiilor electrice.

b) *Încăpere sau spațiu* de *producție electrică* se numește acea încăpere sau spaţiu închis cu cheie, care serveşte exclusiv pentru procese tehnologice electrice și care este accesibil numai persoanelor pregătite în exploatarea instalațiilor electrice și instruite în conformitate cu normele de tehnică a securității muncii în instalații electrice.

c) Din punctul de vedere al acțiunii mediului asupra instalațiilor electrice montate în interior se deosebesc :

◆ — *încăperi umede,* în care umiditatea relativă depășește timp îndelungat 70%, indiferent de temperatură ;

◆ — *încăperi cu acțiune chimică dăunătoare,* în care se produc sau pot pătrunde aburi, gaze sau depuneri solide, în mod continuu sau periodic, și care acționează distructiv asupra izolației sau a căilor de curent neizolate ;

— *încăperi cu praf,* în care se produce sau poate să pătrundă praf care se poate depune pe conductoare, pe izolație sau poate să pătrundă în aparate și mașini, în cantități care să periclitezе buna funcționare a instalației ;

— *încăperi cu temperatura ridicată,* în care temperatura se menține timp îndelungat la o valoare de peste +35°C. Se înțelege prin „timp îndelungat" un timp mai mare decît necesar pentru atingerea temperaturii maxime de regim a aparatelor instalate în acea încăpere.

d) *Încăperi cu pericol de incendiu* sînt acele încăperi în care se prelucrează, se utilizează sau se depozitează materiale combustibile.

e) *Coridor de deservire* se numește coridorul din care este prevăzut a se face manevrarea sau supravegherea aparatelor montate în tablouri.

NOTĂ : *În prezentul normativ se folosesc următoarele moduri pentru indicarea gradului de obligativitate a prevederilor ;*

— „trebuie", „este necesar", „urmează" indică obligativitatea strictă a respectării prevederilor în cauză ;

— „de regulă" indică faptul că prevederea respectivă trebuie să fie aplicată în majoritatea cazurilor ; nerespectarea prevederii respective trebuie justificată totdeauna în proiect ;

— „se recomandă" indică o rezolvare preferabilă, care trebuie să se aibă în vedere la alegerea soluției, dar care nu este obligatorie ;

— „se admite" indică o soluționare satisfăcătoare care poate fi aplicată în situații particulare, fiind obligatorie justificarea ei în proiect.

2. AMPLASAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

2.1. Amplasarea instalațiilor electrice de conexiuni și distribuție se va face pe cît posibil pe considerentul apropierii de centrul de greutate al consumatorilor alimentați.

2.2. La amplasarea instalațiilor electrice se va ține seama de posibilitatea de extindere a acestora.

2.3. Se recomandă a se evita pe cît posibil amplasarea tablourilor de conexiuni și distribuție în încăperi umede, cu acțiune cnimică dăunătoare, cu temperatură ridicată sau cu pericol de incendiu.

2.4. În cazul cînd amplasarea instalației în condițiile indicate la pct. 2.3. este necesară din punctul de vedere al procesului de producție, pentru amenajarea acestor instalații urmează a se lua măsurile suplimentare de protecție indicate la pct. 2.11. Pentru alegerea gradului și măsurilor de protecție necesare, se va ține seama de efectele cumulate ale pericolelor existente.

2.5. Amplasarea instalațiilor electrice în spații de producție deservite de macarale, poduri rulante sau alte mecanisme de transport și de ridicare se va face în afara zonelor de lucru ale acestor mecanisme.

2.6. În spații de producție pot fi amplasate instalații electrice numai de tip „închis“ sau „capsulat“.

Se admite amplasarea instalațiilor de tip deschis în încăperi de producție, cu condiția ca părțile aflate sub tensiune să nu fie accesibile personalului neinstruit, conform figurii 1.

2.7. Se admite montarea în aceeași încăpere a unor instalații de tensiuni diferite, în cazul în care exploatarea lor se face de către aceeași unitate de exploatare.

Se recomandă însă ca instalațiile de conexiuni pînă la 1 000 V și cele peste 1 000 V să fie instalate în încăperi separate.

2.8. Se interzice amplasarea instalațiilor electrice de conexiune și distribuție în interiorul podurilor și subsolurilor de cabluri, cu excepțiile prevăzute în normativul PE 107.

2.9. Amplasarea şi montarea aparatelor şi tablourilor electrice trebuie să se facă astfel încît ele să nu stînjenească circulaţia pe coridoare, în special la cele utilizate pentru evacuare în caz de incendiu.

2.10. Amplasarea şi montarea aparatelor şi tablourilor electrice trebuie să se facă astfel încît întreţinerea, verificarea, localizarea defectelor şi reparaţiile să se poată realiza cu uşurinţă.

2.11. La amplasarea instalaţiilor electrice este necesar a se ţine seama de următoarele condiţii speciale :

a) **Condiţii climatice ale mediului ambiant**

Se consideră condiţii climatice normale acele condiţii în care nu se depăşesc valorile indicate în tabelul 1.

◆ *Tabelul 1* *

Condiţia climatică	Instalaţii	
	de interior	de exterior
Valoarea maximă a mediei temperaturii în 24 de ore	+35°C	+35°C
Valoarea maximă a temperaturii de scurtă durată	+40°C	+40°C
Valoarea minimă a temperaturii	— 5°C	—25°C
Umiditatea relativă maximă	(la +20°C) 90% 50% (la +40°C)	100% (la +25°C)

* Valorile indicate sînt valabile pentru aparatajul şi transformatoarele fabricate în R. S. România; pentru aparatele şi transformatoarele fabricate în alte ţări, aceste valori pot fi schimbate în funcţie de condiţiile impuse de constructorul respectiv.

Nu se admite montarea aparatelor de măsură în încăperi sau compartimente cu temperaturi sub 0°C şi peste 40°C.

Se admite montarea aparatelor în spaţii în care temperatura minimă poate fi sub 0°C, cu condiţia prevederii unei încălziri locale care să asigure temperatura minimă necesară sau în cazul în care fabrica producătoare a aparatului permite acest lucru.

În cazul instalării echipamentelor în spaţii în care temperatura maximă depăşeşte +35°C, dar nu mai mult de

+40°C, se vor lua măsuri pentru reducerea încărcării pe căile de curent (inclusiv cele ale aparatelor) sau pentru climatizarea încăperilor, pentru a nu depăşi temperatura limită admisă pentru acestea.

În cazul în care în locul de instalare temperatura depăşeşte +40°C, se vor monta instalații şi aparate special construite în vederea funcționării la temperaturi mai ridicate.

b) **Altitudine**

Dacă instalațiile electrice urmează a se instala la o altitudine mai mare de 1 000 m, se vor utiliza aparate corespunzătoare funcționării la altitudinea respectivă, conform indicațiilor fabricii constructoare.

În aceste instalații, distanțele de izolație se vor mări față de cele indicate la pct. 4.2.1., cu 1,25% pentru fiecare 100 m spor, între 1 000 m şi 3 000 m altitudine.

c) **Pericolul pătrunderii apei și prafului**

În încăperile cu praf sau în care există pericolul pătrunderii stropilor de apă, se vor utiliza aparate, tablouri sau dulapuri închise etanş, cu gradul de protecție conform STAS 5323.

d) **Pericolul de coroziune**

Întregul echipament montat în încăperi cu pericol de coroziune va fi protejat împotriva acțiunii umidității şi contra agentului corosiv respectiv. În cazul în care nu se pot realiza condițiile de mai sus, se admite folosirea de echipamente în construcție normală, însă prevăzute cu o protecție suplimentară (de exemplu, acoperirea cu vopsea rezistentă la agentul corosiv, capsulare etc.), care nu trebuie să afecteze condițiile de funcționare a echipamentului.

e) **Pericol de incendiu**

Încadrarea încăperilor din punctul de vedere al pericolului de incendiu se va face conform prescripțiilor de prevenire şi stingere a incendiilor.

Construcția tablourilor şi echipamentelor montate în aceste încăperi trebuie astfel realizată, încît să nu poată constitui cauza unui eventual incendiu (arcuri, scîntei, temperaturi ridicate în interiorul echipamentului).

Construcțiile pentru montajul instalațiilor electrice vor fi confecționate din materiale incombustibile (panouri, dulapuri, stelaje etc.).

Pentru elementele de izolație se admite și folosirea de materiale greu combustibile.

Nu se admite amplasarea aparatelor cu ulei în interiorul tablourilor.

f) **Pericol de deteriorări mecanice**

Se va evita amplasarea instalațiilor electrice în locuri în care acestea pot fi expuse deteriorărilor mecanice.

În cazul în care acest lucru nu este posibil, instalațiile vor fi protejate împotriva deteriorărilor mecanice prin mijloace speciale.

3. SCHEME DE CONEXIUNI

3.1. Schema de conexiuni a instalației electrice trebuie să fie simplă și clară, iar realizarea ei trebuie să permită efectuarea rapidă și lipsită de pericol a manevrelor.

3.2. În cazul în care funcționarea în paralel a două sau mai multor surse este interzisă (depășirea puterii de scurtcircuit, tensiuni nesincrone etc.), trebuie prevăzute blocajele corespunzătoare pentru împiedicarea conectării lor în paralel. În cazuri extreme în care aceste blocaje nu se pot realiza, se admite montarea unor tăblițe de interdicție.

3.3. Circuitele de alimentare (intrare) a tablourilor vor fi prevăzute cu întreruptoare (manuale sau automate). În posturile de transformare se admite să nu se monteze aceste întreruptoare, în cazul în care există altă posibilitate de întrerupere a curentului pe circuitul de alimentare în cadrul postului.

3.4. Toate instalațiile de conexiune și distribuție trebuie prevăzute cu separări de lucru. În cazul cînd punctele de separare nu se găsesc în același loc, condiția de separare se consideră îndeplinită numai dacă responsabilitatea separării de lucru este a aceleiași persoane și dacă această responsabilitate unică poate fi asigurată pe timpul separării de lucru la toate punctele de separație.

3.5. Ca elemente de separare urmează a fi folosite numai aparate sau dispozitive cu întreruperea vizibilă a circuitului (siguranțe fuzibile, întreruptoare în aer, separatoare, contacte debroşabile etc.).

◆ **3.6.** Legarea la pămînt și la nul trebuie realizată conform condițiilor fixate în STAS 6616, 6119 și 4102.

4. CONDIȚII PRIVIND INSTALAREA ECHIPAMENTULUI ELECTRIC

4.1. Condiții generale

4.1.1. Toate tablourile, aparatele, elementele conducătoare de curent, izolatoarele etc., din instalații electrice trebuie să fie alese, dimensionate în așa fel încît să corespundă condițiilor normale de funcționare, la scurtcircuit, precum și condițiilor de mediu în care sînt puse să funcționeze.

◆ Verificarea aparatelor și a căilor de curent la scurtcircuit se va face în conformitate cu prevederile instrucțiunilor PE 103.

4.1.2. La alegerea aparatelor și materialelor electrice trebuie să se țină seama de caracteristicile lor particulare (sistemul de montaj, efectele funcționării asupra spațiului înconjurător, degajării de căldură, sistemul de legare a conductoarelor etc.).

4.1.3. Pentru executarea instalațiilor electrice se vor utiliza numai aparate și materiale omologate. Fiecare aparat trebuie să fie prevăzut cu o plăcuță indicatoare, care să cuprindă datele sale tehnice și un indicator de recunoaștere (conform pct. 4.8.1.).

4.1.4. Dispoziția tablourilor, aparatelor și materialelor în instalații electrice, trebuie să se prevadă în așa fel încît să se asigure păstrarea caracteristicilor de funcționare, posibilitatea reparației, supravegherii și revizuirii acestora, fără pericol și, de regulă, fără perturbarea circuitelor vecine.

4.2. Distanțe de izolare în aer, de conturnare și de protecție

4.2.1. Distanța minimă de izolare în aer între piesele sub tensiune fixe ale diferitelor faze precum și între acestea și părți metalice legate la pămînt, trebuie să fie de cel puțin 15 mm, iar distanța de conturnare trebuie să fie de cel puțin 30 mm.

4.2.2. Distanța de protecție de la părțile neizolate care se află sub tensiune trebuie să fie :

a = 50 mm la pereți, uși pline sau alte elemente de construcție ;

b = 100 mm la pereți sau uși din plasă ;

c = 200 mm la bariere.

(pentru distanțele a, b, c vezi fig. 2).

4.2.3. Pereții de protecție sau ușile pline, precum și îngrădirile de protecție sau ușile din plasă trebuie să aibă înălțimea minimă de 1,7 m, iar barierele de 1,2 m.

4.2.4. Pereții, ușile, îngrădirile de protecție și barierele trebuie să fie suficient de rezistente din punct de vedere mecanic și bine fixate.

Pereții de protecție sau ușile pline trebuie executate din materiale rigide și incombustibile. În cazul folosirii de tablă de oțel, aceasta va avea o grosime de cel puțin 2 mm. Îngrădirile sau ușile din plasă se execută din plasă metalică cu ochiuri de cel mult 20 × 20 mm. Barierele se execută, de regulă, din material rău conducător de electricitate (de exemplu, din lemn ignifugat).

4.3. Coridoare și accese (fig. 1 și 2)

4.3.1. Lățimea și înălțimea coridoarelor de deservire trebuie să asigure posibilitatea deplasării ușoare a personalului, efectuării reviziilor locale și manipulării comode a aparatelor din instalație, precum și posibilități de evacuare sigură în caz de pericol de incendiu.

4.3.2. Lăţimea coridorului de deservire din faţa sau spatele tabloului, măsurată de la îngrădirea de protecţie şi alte elemente de construcţie (perete, balustrade de protecţie etc.) trebuie să fie de cel puţin 0,8 m, iar distanţa între elemente sub tensiune neizolate din spatele tabloului şi elementele de construcţie de pe peretele opus trebuie să fie de cel puţin 1 m.

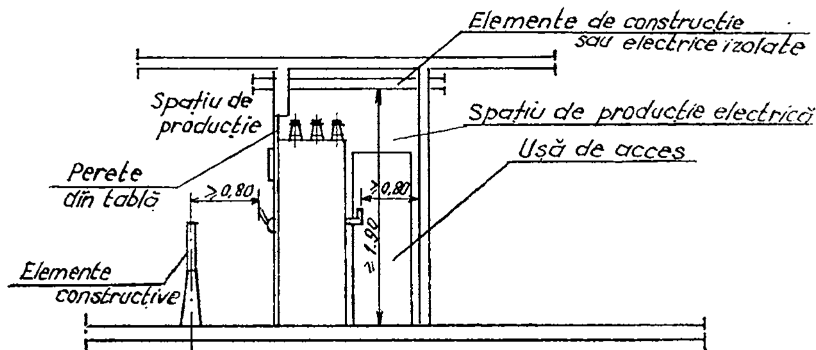


Fig. 1. Amplasarea panourilor deschise în spaţii de producţie.

4.3.3. Distanţa între tablou şi perete, în cazul în care nu este necesar accesul în spatele panoului nu se limitează.

4.3.4. Lăţimea coridorului de deservire între două tablouri sau între tablouri şi alte utilaje electrice trebuie să fie de

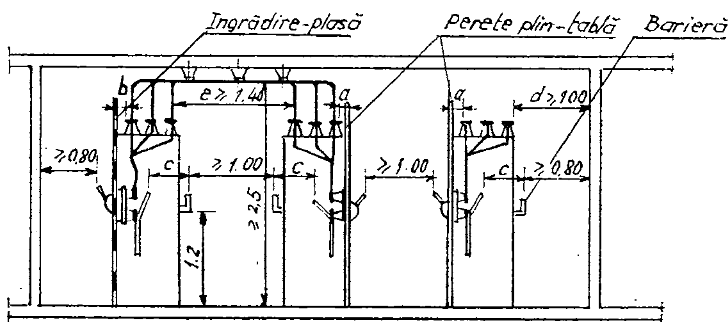


Fig. 2. Distanţe minime de protecţie şi de deservire.

NOTĂ: 1. Cotele d şi e sînt obligatorii numai sub înălţimea de 2,5 m (vezi pct. 4.3.4.).
2. Cotele a, b, c sînt date la pct. 4.2.2.
3. Se admit îngustări locale de la 0,8 m la 0,6 m.

cel puțin 1 m, iar distanța „e“ între elemente sub tensiune neizolate, situate de o parte și de alta a coridorului, trebuie să fie de cel puțin 1,4 m.

4.3.5. În cazul cînd distanțele „d“ și „e“ de la pct. 4.3.2. și 4.3.4. nu pot fi respectate, se vor prevedea îngrădiri din plasă sau tablă pînă la înălțimea de la care aceste distanțe sînt respectate, dar nu mai puțin de 1,7 m.

4.3.6. Înălțimea liberă a coridorului de deservire, măsurată între pardoseală și tavanul încăperii sau pînă la alte elemente constructive care nu se găsesc sub tensiune, trebuie să fie de cel puțin 1,9 m.

4.3.7. Distanța între părți sub tensiune neîngrădite, situate deasupra coridoarelor de deservire și pardoseală, trebuie să fie de cel puțin 2,5 m.

4.3.8. În cazul în care această distanță nu poate fi respectată, ea va putea fi micșorată, cu condiția îngrădirii în plan orizontal, dedesuptul părților sub tensiune prin plase sau tablă.

Această îngrădire nu va putea fi însă sub înălțimea de 1,9 m.

4.3.9. Înălțimea minimă față de pardoseală a laturilor de jos ale tablourilor capsulate trebuie să fie astfel stabilită, încît să permită posibilitatea realizării razei de curbură a cablului cu diametrul cel mai mare, iar înălțimea maximă, față de pardoseală, a laturii de sus a tavanului să fie de cel mult 2,2 m.

4.3.10. Coridoarele de deservire a tablourilor care au o lungime mai mare de 7 m pe o singură latură vor fi prevăzute cu două accese.

Accesul spre coridorul din spatele tablourilor poate fi realizat fie spre coridorul din fața tablourilor, fie spre altă încăpere.

Cînd coridorul are o lățime mai mare de 3 m, prevederea a două accese nu este obligatorie.

4.3.11. Ușile încăperilor se vor deschide de regulă spre exterior, cu excepția ușilor care separă încăperi cu instalații cu tensiunea de peste 1 000 V, față de cele cu tensiunea pînă la 1 000 V, la care deschiderea ușilor se va face spre încăperile cu tensiune pînă la 1 000 V.

Ușile trebuie prevăzute cu broaște cu închidere automată, putîndu-se deschide fără cheie numai din interior. Lățimea ușilor va fi de cel puțin 0,75 m iar înălțimea de cel puțin 1,9 m.

4.4. Tablouri de conexiuni și distribuție

4.4.1. Condițiile generale privind instalarea tablourilor electrice de conexiune și distribuție vor fi cele de la punctul 4.1.

◆ **4.4.2.** Alegerea tipului de tablouri ce urmează a fi folosite pentru realizarea instalațiilor electrice de conexiune și distribuție se va face ținînd seama de condițiile indicate la pct. 2.11. Toate panourile de tip deschis cu accese prin spate vor fi prevăzute cu bariere sau uși din plasă conform pct. 4.2.3.

4.4.3. Materialele ce pot fi folosite la confecționarea tablourilor trebuie să fie incombustibile și nehigroscopice.

4.4.4. Tablourile de distribuție trebuie montate perfect vertical și fixate bine pentru a nu fi supuse vibrațiilor.

4.4.5. Conductele, barele, clemele și bornele de legătură din interiorul dulapurilor sau din spatele tablourilor trebuie să fie ușor de identificat și accesibile pentru verificări și reparații.

4.4.6. Se recomandă ca legăturile pentru curenți mai mari decît 100 A, din interiorul tablourilor, să fie realizate din bare.

4.4.7. Se recomandă ca în același panou (dulap) să nu fie grupate circuite de curent alternativ cu circuite de curent continuu sau circuite de tensiuni diferite.

În cazul în care această condiție nu poate fi realizată, circuitele vor fi montate separat și marcate distinct. Această condiție nu se aplică la aparate care prin funcționarea lor necesită circuite cu curenți de natură diferită sau tensiuni diferite.

4.4.8. Tablourile capsulate pentru curenți pînă la 200 A se admit a fi executate fără cutii de bare.

4.4.9. La posturile de transformare pe stîlp, tabloul de joasă tensiune cu aparate de protecție și măsură (siguranțe sau întreruptoare automate, transformatoare de intensitate, contoare) trebuie să fie închis într-o cutie metalică cu gradul de protecție, conform STAS 5325. Se va avea în vedere asigurarea unei temperaturi minime admise de aparatajul montat și împiedicarea producerii de condensări în interior (vezi și 2.11.a.).

4.5. Aparate de conectare

4.5.1. Condițiile generale privind instalarea aparatelor de conectare vor fi cele indicate la pct. 4.1.

4.5.2. La alegerea aparatelor de conectare, în afara condițiilor indicate la pct. 4.1. trebuie să se țină seama de capacitatea și frecvența de conectare, precum și de durata de conectare.

4.5.3. Aparatele de conectare trebuie să fie astfel montate încît să întrerupă simultan toate fazele circuitului pe care îl deservesc. Nu se admite întreruperea conductorului de protecție. Conductorul de nul poate fi întrerupt numai în instalațiile în care acesta nu este folosit și pentru protecție.

4.5.4. Aparatele de conectare se vor amplasa astfel încît arcurile sau scînteile electrice ce apar în timpul exploatării normale să nu fie periculoase pentru personalul de deservire și să nu poată cauza scurtcircuite, puneri la pămînt sau deteriorarea obiectelor înconjurătoare.

4.5.5. Aparatele cu contacte în formă de cuțite se vor monta astfel încît să nu se poată închide sub acțiunea greutății proprii a părților mobile, prin vibrație sau prin lovirea aparatului. În stare decuplată, elementele (contactele) mobile ale aparatului trebuie pe cît posibil să nu rămînă sub tensiune.

4.5.6. La dispozitivele de acționare a aparatelor de conectare, închise cu capac sau montate în spatele panoului sau în interiorul dulapului și manevrabile din față, trebuie indicate clar pozițiile „închis“ sau „deschis“.

4.5.7. Se recomandă ca acționarea separatoarelor să se facă prin manete de acționare. În cazul acționării cu ștangă, aceasta va fi izolată cel puțin pentru tensiunea aparatului deservit.

4.6. Siguranțe fuzibile

4.6.1. Condițiile generale privind instalarea siguranțelor fuzibile vor fi cele de la pct. 4.1.

4.6.2. În instalațiile electrice vor fi montate numai siguranțe calibrate.

4.6.3. Siguranțele cu capac filetat trebuie să fie montate în așa fel încît conductoarele de alimentare să fie legate la șuruburile de contact, iar conductoarele de plecare spre consumatori să fie legate de duliile filetate.

4.6.4. Se interzice montarea siguranțelor :

— pe conductorul utilizat ca nul de lucru la circuitele bifazate cu trei conductoare și la circuitele trifazate cu patru conductoare ;

— pe conductoarele instalației de protecție (nul, pămînt etc.).

4.6.5. Siguranțele trebuie să fie astfel montate încît eventuala apariție a unui arc să nu prezinte pericol pentru restul instalației și pentru personalul de deservire.

4.7. Căi de curent

4.7.1. Condițiile generale privind alegerea, dimensionarea și instalarea căilor de curent vor fi cele de la pct. 4.1.

◆ **4.7.2.** Pentru realizarea căilor de curent din instalațiile electrice se vor folosi de regulă conductoare și bare de aluminiu. Utilizarea conductoarelor și barelor din cupru urmează a se face în următoarele cazuri :

a) în încăperi cu mediu corosiv în care stabilitatea chimică a cuprului este superioară stabilității aluminiului și numai dacă instalația nu poate fi executată etanș la agenții corosivi respectivi;

b) în cazuri excepționale pe bază de justificări tehnico-economice (siguranță în funcționare, dificultăți constructive în cazul utilizării aluminiului etc.).

4.7.3. La alegerea soluțiilor de realizare a instalațiilor de conexiuni și distribuție se va avea în vedere posibilitatea utilizării conductoarelor neizolate, ca o soluționare preferabilă.

4.7.4. La montarea conductoarelor rigide se vor prevedea, de regulă, dispozitive de prindere și compensare, care să permită dilatarea barelor și preluarea vibrațiilor produse de acționarea aparatelor de conectare.

4.7.5. În toate cazurile cînd se utilizează cabluri, trebuie respectate prevederile din „Normativul pentru proiectarea și execuția rețelelor de cabluri electrice" (PE 107) precum și indicațiile fabricii constructoare de cabluri.

4.7.6. În toate cazurile cînd se utilizează conductoare neizolate trebuie respectate prevederile din „Normativul pentru proiectarea și executarea instalațiilor electrice interioare cu tensiuni pînă la 1 000 V" I 7, referitoare la aceste conductoare.

4.7.7. Îmbinările între căile de curent, precum și între acestea și bornele aparatelor se vor face prin metode care să asigure posibilitatea de trecere a curentului electric corespunzător secțiunii curente, rezistența mecanică necesară și păstrarea în timp a calității mecanice și electrice ale contactului.

4.7.8. Dispunerea relativă a fazelor în cadrul întregii instalații de conexiune și distribuție va fi pe cît posibil aceeași pentru toate circuitele.

4.7.9. Bara sau conductorul de nul între punctul neutru al transformatoarelor și tablouri, precum și între tablouri se vor monta tot atît de îngrijit ca și cele de fază, ele fiind protejate împotriva atingerilor și deteriorărilor ca și conductoarele sau barele de fază.

Secțiunea conductoarelor sau barelor de nul va fi egală cu secțiunea celor de fază (în cazul unor materiale identice) pînă la secțiunea de 50 mm². În cazul unor secțiuni mai mari de 50 mm² ale conductoarelor sau ale barelor de fază, conductorul sau bara de nul va fi cel puțin egal cu 50% din secțiunea conductorului sau barei de fază dar nu mai mic de 50 mm². În interiorul tablourilor, bara de nul se montează, de regulă, neizolat față de părțile legate la pămînt ale tabloului.

Bara de nul din interiorul tabloului se va realiza din oțel cu dimensiunile minime de 40×5 mm, dacă din verificarea la stabilitatea termică la scurtcircuit nu rezultă o secțiune mai mare.

4.7.10. În interiorul tablourilor trebuie să se prevadă pe bare, puncte neizolate şi nevopsite, pentru a face posibilă scurtcircuitarea şi legarea la pămînt. Aceste puncte vor fi cositorite.

4.7.11. Elementele construcțiilor care se găsesc în apropierea părților conducătoare de curent şi care pot fi atinse de personal nu trebuie să se încălzească, datorită acțiunii curentului electric, la temperaturi de peste +50°C, iar temperatura celor care nu sînt accesibile atingerii personalului nu trebuie să depăşească, de regulă, temperaturi peste +70°C.

Construcțiile conținînd elemente metalice nu se vor verifica la încălzire în regim normal, cînd curenții în căile de curent învecinate nu depăşesc 1 000 A.

4.8. Marcaje

4.8.1. Toate circuitele din tablourile instalațiilor de conexiuni şi distribuție trebuie prevăzute cu inscripții vizibile şi neechivoce, în care să se indice destinația fiecărui circuit. Inscripțiile trebuie făcute pe partea din față a tablourilor, iar în cazul deservirii acestora din ambele părți, inscripțiile trebuie făcute şi pe partea din spate.

4.8.2. Sistemele de bare colectoare, precum şi derivațiile acestora trebuie să fie vopsite după cum urmează :

— **faza R** în culoare **roșie;**

— **faza S** în culoare **galbenă;**

— **faza T** în culoare **albastră;**

— **bara de nul** — 0 — în culoare **neagră cu dungi albe,** cu lățimea de 10 mm la intervale de 100 mm ;

— **barele de legare la pămînt** — P — **alb, cenușiu** sau **negru.**

În instalațiile de curent continuu, barele se vor vopsi după cum urmează :

— **bara pozitivă** (+) în culoare **roşie;**

— **bara negativă** (—) în culoare **albastră;**

— **bara mediană** (0) în culoare **cenușiu deschis.**

4.8.3. Pe uşile de acces spre spațiile de producție electrică vor fi montate inscripții cu destinația spațiului respectiv şi tăblițe avertizoare, în conformitate cu normele de protecție a muncii în vigoare pentru instalațiile electrice.

4.8.4. Marcarea cablurilor se va face în conformitate cu „Normativul pentru proiectarea și execuția rețelelor de cabluri electrice“ PE 107.

4.8.5. În încăperile de producție electrică nu este permis a se prevedea alte inscripții, afișe etc. decît cele legate direct de procesul tehnologic, de protecție a muncii și P.S.I.

5. ÎNCĂPERI DE PRODUCȚIE ELECTRICĂ

5.1. Încăperile conținînd instalații electrice de conexiune și distribuție trebuie să fie executate din materiale incombustibile, conform prescripțiilor de prevenire și stingere a incendiilor.

5.2. Încăperile de producție electrică trebuie astfel finisate încît să permită o întreținere ușoară.

5.3. În clădirile de producție electrică, amplasate în afara localităților, se admit ferestre numai dacă terenul pe care se află aceste clădiri este împrejmuit sau păzit.

În acest caz ferestrele de la parter trebuie prevăzute cu plasă metalică, cu ochiuri de cel mult 20×20 mm.

Se exceptează ferestrele construite din dale de sticlă „NEVADA“. Nu se admit luminatoare.

5.4. Pentru evitarea pătrunderii animalelor mici în încăperile instalațiilor electrice, toate orificiile din încăperi spre exterior sau spre încăperi cu altă destinație trebuie amplasate la o distanță minimă de la sol de cel puțin 25 cm și prevăzute cu plasă metalică cu ochiuri de cel mult 8×8 mm. Toate orificiile pentru trecerea dintr-o încăpere în alta și în exterior trebuie să fie închise, respectiv etanșate cu materiale incombustibile.

5.5. Nu se admit denivelări ale pardoselilor sau praguri de-a lungul coridoarelor, în încăperile de producție electrică.

5.6. Se admite trecerea prin încăperile de producție electrică a unor conducte de încălzire în țeavă servind exclusiv pentru instalația respectivă, cu condiția folosirii de țevi îmbinate prin sudură fără flanșe, ventile etc., precum și a canalelor de ventilare din cutii sudate, fără flanșe, clapete etc.

Se admite și instalarea unor conducte de trecere în aceste încăperi, excluzînd cele cu lichide și gaze inflamabile sau de abur, în aceleași condiții ca mai sus.

5.7. În încăperile de producție (neelectrică) distanța între marginea tablourilor de distribuție și conductele de apă, abur, aer comprimat, gaze sau lichide inflamabile etc., trebuie să fie de cel puțin 1,25 m.

◆ **5.8.** Prevederea iluminatului natural în încăperile de producție electrică nu este obligatorie. Încăperile instalațiilor electrice trebuie prevăzute cu iluminat electric, conform normativelor I 7 și PE 136.

5.9. Încăperile instalațiilor electrice vor fi prevăzute, de regulă, cu ventilație naturală. În cazul în care ventilația naturală nu asigură condițiile climatice indicate la pct. 2.11. trebuie prevăzute instalații de ventilație artificială.

5.10. În zone cu atmosferă poluată sau agresivă din punct de vedere chimic, se recomandă ca încăperile de producție electrică să fie prevăzute cu instalații care să împiedice pătrunderea acestei atmosfere în interior (eventual instalații de suprapresiune).

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice în condițiile curenților de scurtcircuit	PE 103/70 Grupa 1 Electroenergetică

C U P R I N S

Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 1357/69	Înlocuiește : prescripția 7/61	Data intrării în vigoare: 1.IV.1970

1. DOMENIUL DE APLICARE

◆ **1.1.** Prezentele instrucţiuni se aplică la alegerea, dimensionarea sau verificarea elementelor componente ale instalaţiilor electroenergetice la solicitări mecanice şi termice în condiţiile curenţilor de scurtcircuit.

1.2. În sensul acestor instrucţiuni, prin instalaţii electroenergetice se înţeleg :

a) Centralele electrice.

b) Staţiile de conexiuni şi de transformare, inclusiv posturile de transformare şi instalaţiile speciale de reţea (compensatoarele sincrone, bobinele de compensare, bateriile de condensatoare etc.).

c) Liniile electrice de energie (aeriene sau în cablu), inclusiv cele care formează reţelele electrice de distribuţie.

1.3. Sînt supuse prevederilor prezentelor instrucţiuni în privinţa alegerii, dimensionării sau verificării, următoarele elemente componente ale instalaţiilor electroenergetice :

— aparatele electrice ;

— căile de curent, inclusiv izolatoarele, armăturile, clemele şi piesele de fixare a conductoarelor.

Dimensionarea sau verificarea altor elemente aparţinînd instalaţiilor electroenergetice sau situate în apropierea acestora, în condiţiile unor solicitări mecanice sau termice datorate curenţilor de scurtcircuit, se face pe baza unor reglementări speciale.

1.4. Nu este obligatorie dimensionarea sau verificarea în condiţiile curenţilor de scurtcircuit a următoarelor elemente :

— căile de curent de orice tensiune (inclusiv izolatoarele, armăturile, clemele şi piesele de fixare a conductoarelor), care alimentează înfăşurarea primară a transformatoarelor de tensiune sau care fac legătura la descărcătoare ;

— circuitele (aparate şi căi de curent) de joasă tensiune (cu tensiune nominală pînă la 1 kV inclusiv), protejate prin siguranţe fuzibile ;

— liniile aeriene cu tensiune nominală mai mică decît 110 kV.

1.5. Liniile aeriene cu tensiunea nominală de 110 kV sau mai mare se verifică numai la efectele termice ale curenților de scurtcircuit.

1.6. În prezenta instrucțiune se folosesc următorii termeni pentru indicarea gradului de obligativitate a prevederilor :

— *„trebuie“, „este necesar“, „urmează“ indică obligativitatea strictă a respectării prevederii respective;*

— *„de regulă“ indică faptul că prevederea respectivă trebuie să fie aplicată în majoritatea cazurilor, iar nerespectarea prevederii este permisă cu justificarea în proiect;*

— *„se admite“ indică o soluție satisfăcătoare, care poate fi aplicată numai în situații particulare, fiind obligatorie justificarea ei în proiect;*

— *„se recomandă“ indică o soluționare preferabilă, care trebuie să se aibă în vedere, dar care nu este obligatorie.*

2. CONDIȚII DE CALCUL AL CURENȚILOR DE SCURTCIRCUIT

2.1. Schemele de calcul luate în considerare pentru determinarea curenților de scurtcircuit trebuie să corespundă condițiilor de funcționare de lungă durată a instalațiilor.

Nu este necesar să se țină seama de situațiile de scurtă durată în care puterea de scurtcircuit este mai mare decît în restul timpului (de exemplu, în cursul executării unor manevre, cînd pentru un scurt timp se cuplează două sau mai multe părți de rețea sau de instalație, care sînt în mod normal separate).

Pentru astfel de situații trebuie să se prevadă măsuri în vederea evitării eventualelor accidente de persoane în cazul unui scurtcircuit.

◆ Schema de calcul trebuie să țină seama de dezvoltarea viitoare a rețelei conform normativului PE 134.

2.2. La determinarea curenților de scurtcircuit este necesar să se țină seama de toate sursele (inclusiv motoare) care pot alimenta scurtcircuitul, precum și de creșterea forțelor electromotoare datorită sistemelor de reglaj al tensiunii. Nu este necesar să se ia în considerare creșterile de tensiune datorită supraturației mașinilor electrice.

Se recomandă să se țină seama de impedanțele consumatorilor racordați, în paralel, cu calea de scurtcircuit.

◆ Metodologia de calcul a curenților de scurtcircuit este cea indicată în normativul PE 134.

2.3. Natura defectului practic posibil care se ia în considerare (scurtcircuit mono, bi sau trifazat, cu sau fără punere la pămînt) trebuie să fie cea care conduce la solicitarea cea mai mare pentru elementul care se dimensionează sau se verifică.

Dacă este cazul, se vor lua în considerare defecte de naturi diferite pentru solicitările termice și pentru cele mecanice.

În particular, pentru determinarea efectelor mecanice asupra aparatelor și a căilor de curent rigide din circuitele trifazate trebuie să se ia în considerare scurtcircuitul trifazat.

2.4. Locul presupus al defectului se alege astfel, încît solicitarea termică sau mecanică a elementului care se dimensionează sau se verifică să fie maximă. Dacă este cazul, se vor lua în considerare puncte de defect diferite pentru solicitările termice și pentru cele mecanice.

2.5. În celulele liniilor prevăzute cu bobine de reactanță, se admite dimensionarea sau verificarea întregului echipament (aparataj și căi de curent) la un defect produs după bobina de reactanță, cînd sensul fluxului de energie este dinspre barele colectoare spre bobină.

2.6. La liniile electrice aeriene și subterane se admite variația în trepte a secțiunii conductoarelor active și de protecție pe baza verificării stabilității termice la scurtcircuit, în condițiile cele mai grele, dacă celelalte condiții tehnice prevăzute în alte normative sînt respectate.

2.7. În cazul fasciculelor de cabluri în paralel, se iau în considerare defecte produse la capetele fasciculului (la capătul opus sursei de alimentare, în cazul alimentării dintr-o singură parte).

Verificarea efectului termic se face astfel pentru secţiunea totală a întregului fascicul.

2.8. Solicitarea termică a elementelor care se dimensionează sau se verifică depinde de durata defectului, considerată din momentul apariţiei curentului de scurtcircuit, pînă în momentul întreruperii sale.

Durata defectului se determină astfel :

a — **la liniile electrice aeriene,** durata defectului se consideră, de regulă, egală cu 0,6 s. În cazul liniilor aeriene la care se asigură declanşarea simultană a întreruptoarelor de la ambele capete, se poate considera timpul determinat de protecţiile respective (ţinînd seama şi de ciclul RAR) ;

b — **la reţelele şi gospodăriile de cabluri,** durata defectului este determinată de protecţia cu timpul cel mai scurt, care acţionează la defectul respectiv şi comandă declanşarea întreruptorului cel mai apropiat de locul defectului (pe calea scurtcircuitului) ;

c — **la căile de curent din centralele şi staţiile electrice,** (exclusiv cabluri) durata defectului este determinată la fel ca la punctul b) precedent, dar nu mai puţin de 1 s. Această limitare nu se referă la circuitele protejate prin siguranţe fuzibile şi la circuitele de joasă tensiune (cu tensiune nominală pînă la 1 kV, inclusiv) la care verificarea se va face la timpul real de funcţionare sub scurtcircuit.

La stabilirea duratei defectului, în cazul întreruptoarelor cu reanclaşare automată, trebuie luate în considerare toate intervalele de timp din cadrul ciclului de funcţionare, în care circuitul este străbătut de curentul de defect.

În astfel de cazuri, fenomenul termic se consideră de regulă, adiabatic, adică se neglijează disiparea căldurii în timpul pauzelor de curent.

Precizare : La dimensionarea sau verificarea liniilor electrice aeriene pentru defecte cu punere la pămînt se recomandă luarea în considerare a rezistenţei echivalente la locul defectului (rezistenţa arcului, plus rezistenţa echivalentă a instalaţiei de legare la pămînt).

◆ Această valoare urmează să fie stabilită de proiectant pentru fiecare caz în parte conform normativului PE 134.

Pentru dimensionarea sau verificarea echipamentelor stațiilor electrice, precum și a cablurilor, se va considera că rezistența arcului electric la locul defectului este nulă.

2.9. Pentru dimensionarea sau verificarea diverselor elemente la efectele mecanice ale curentului de scurtcircuit, se ia în considerare curentul de scurtcircuit de șoc $i_ș$:

a — În cazul curentului alternativ, curentul de scurtcircuit de șoc se definește ca valoare instantanee a curentului total de scurtcircuit (rezultat din însumarea componentei alternative cu cea continuă), valoare care apare în prima perioadă de la apariția scurtcircuitului. Se presupune că scurtcircuitul se produce în momentul în care componenta continuă a curentului de scurtcircuit are valoarea maximă.

b — În cazul curentului continuu, curentul de scurtcircuit de șoc $i_ș$ reprezintă valoarea instantanee maximă a curentului de scurtcircuit.

2.10. Pentru dimensionarea sau verificarea diverselor elemente la efectele termice ale curentului de scurtcircuit se ia în considerare curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit Im :

a — În cazul curentului alternativ, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit se definește ca valoare efectivă a unui curent alternativ constant, care într-un interval de timp de 1 s dezvoltă într-un element de circuit o cantitate de căldură egală cu cea dezvoltată în acel element de curentul de scurtcircuit pe toată durata defectului ;

b — În cazul curentului continuu, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit se definește ca un curent continuu constant, care într-un interval de timp de 1 s dezvoltă într-un element de circuit o cantitate de căldură egală cu cea dezvoltată în acel element de curent de scurtcircuit pe toată durata defectului. De regulă, se adoptă ipoteza acoperitoare că stabilirea curentului de scurtcircuit se face brusc la valoarea maximă. Se admite totuși să se țină seama de viteza de creștere finită a curentului de scurtcircuit.

2.11. La determinarea curentului de scurtcircuit de șoc și a curentului echivalent termic de 1 s al curentului de scurt-

circuit, se recomandă să se ţină seama de prezenţa aparatelor limitatoare de curent (întreruptoare rapide de joasă tensiune, siguranţe fuzibile cu mare putere de rupere).

3. CONDIŢII DE DIMENSIONARE ŞI VERIFICARE LA SOLICITĂRI MECANICE ŞI TERMICE

3.1. Verificarea aparatelor electrice la solicitări mecanice şi termice în cazul curenţilor de scurtcircuit se face prin compararea mărimilor de calcul cu cele de încercare. Comparaţia se referă, de regulă, la curentul de scurtcircuit de şoc $i_ş$ şi la curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit Im, luîndu-se în considerare scurtcircuitul trifazat. Relaţiile de comparaţie care trebuie îndeplinite sînt următoarele :

$$i_ş \leqslant I_d$$

$$Im \leqslant I_{1t}$$

în care : I_d este curentul maxim de stabilitate dinamică al aparatului (amplitudine) ;

I_{1t} — curentul maxim de stabilitate termică de 1 s al aparatului (valoarea efectivă).

Curentul maxim de stabilitate dinamică I_d al unui aparat reprezintă valoarea instantanee maximă a curentului de scurtcircuit, garantată de întreprinderea constructoare, pe care aparatul o poate suporta fără să se deterioreze din nici un punct de vedere. În cazul aparatelor trifazate de curent alternativ, curentul I_d poate străbate oricare dintre poli, în timp ce prin ceilalţi doi poli curentul de scurtcircuit are valori mai mici, corespunzătoare componentelor continue respective.

Curentul maxim de stabilitate termică de 1 s al unui aparat I_{1t} reprezintă valoarea efectivă, garantată de întreprinderea constructoare, a unui curent constant, pe care aparatul îl poate suporta timp de 1 s, fără ca temperaturile admisibile ale diverselor părţi componente ale aparatului să fie depăşite. nici pe durata trecerii curentului, nici ulterior.

La aparatele de curent continuu, curentul de încercare I_{1t} trebuie să fie tot un curent continuu.

Cînd se cunoaşte curentul maxim de stabilitate termică I_t al unui aparat pentru o durată t (în s), se poate determina valoarea I_{1t} pentru 1 s cu relaţia :

$$I_{1t} = I_t \sqrt{t}$$

Această relaţie este valabilă pentru valori t de maximum 10 s, în ipoteza că fenomenul termic este adiabatic.

În afară de verificările indicate mai sus, este necesară o verificare a eforturilor transmise bornelor de către conductoarele racordate. Eforturile admisibile nu trebuie să fie depăşite în nici o situaţie.

3.2. În cazul transformatoarelor de curent, se admite în mod excepţional ca ele să nu fie stabile la curentul de scurtcircuit, dacă adoptarea unei valori mai mari pentru curentul primar nominal în vederea asigurării acestei stabilităţi este inadmisibilă, din cauza creşterii erorilor în circuitele de măsurare sau din alte cauze referitoare la circuitele de protecţie alimentate.

◆ **3.3.** Conductoarele rigide neizolate (bare, profiluri) se verifică la solicitări mecanice şi termice conform PE 111-4.

În cazul sistemelor trifazate, pentru determinarea solicitărilor mecanice se ia în considerare curentul de scurtcircuit trifazat.

Dimensionarea sau verificarea la solicitări mecanice se poate face în una dintre următoarele două variante :

a — se ţine seama de oscilaţiile conductorului provocate de forţele electrodinamice, luîndu-se în considerare şi fenomenele plastice. În zona deformaţiilor plastice, oscilaţiile sînt rapid amortizate. Metoda este aplicabilă conductoarelor de aluminiu şi cupru şi necesită cunoaşterea limitei de curgere tehnică a materialului. Valoarea acesteia trebuie să fie garantată de furnizor sau determinată prin încercări ;

b — se neglijează oscilaţiile conductorului provocate de forţele electrodinamice, considerîndu-se solicitarea conductorului ca un fenomen static. În acest caz, rezistenţele de înco-

voiere în conductor nu trebuie să depăşească următoarele valori admisibile :

— aluminiu 700 daN/cm^2
— cupru 1 400 daN/cm^2
— oţel 1 600 daN/cm^2

Din punct de vedere termic, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit nu trebuie să provoace o creştere a temperaturii conductorului peste următoarele valori :

— aluminiu 180°C
— cupru 200°C
— oţel 200°C

Se presupune în calcul o densitate uniformă a curentului de scurtcircuit pe secţiunea conductorului.

3.4. Conductoarele flexibile active şi de protecţie din centralele şi staţiile electrice se verifică la solicitări mecanice şi ◆ termice, conform PE 111-6 iar cele ale liniilor electrice aeriene, cu tensiunea nominală de 110 kV sau mai mare, numai la solicitări termice. Nu este obligatorie verificarea, la efectele curenţilor de scurtcircuit, a conductoarelor liniilor aeriene cu tensiunea nominală mai mică de 110 kV.

Forţele transversale de natură electrodinamică ce iau naştere în timpul unui scurtcircuit pot avea mai multe componente (o componentă continuă şi una sau mai multe componente alternative cu frecvenţe diferite) sau o singură componentă alternativă ori continuă.

a) În cazul solicitărilor electrodinamice între conductoarele situate la distanţă relativ mare faţă de dimensiunile lor transversale (de exemplu, între conductoarele sau fasciculele de conductoare aparţinînd unor faze diferite, între conductoarele fazelor şi conductoarelor de protecţie etc.), se iau în considerare numai componentele continue ale forţelor transversale. Se consideră prin aceasta că, din cauza inerţiei conductoarelor, componentele alternative ale forţelor transversale au un efect neglijabil.

b) În cazul solicitărilor electrodinamice între conductoarele situate la distanţă relativ mică faţă de dimensiunile lor

transversale (de exemplu, între conductoarele montate în paralel, în fascicule, la distanţă de circa 10 . . . 20 ori diametrul lor), se ia în considerare valoarea instantanee maximă a forţei transversale, adică se ţine seama atît de componenta continuă, cît şi de cele alternative ale forţelor transversale. Se procedează astfel considerînd că din cauza distanţelor relativ mici dintre conductoare, forţele transversale sînt considerabile, iar o mică deplasare transversală conduce la o variaţie mare a tracţiunii.

Coeficientul de siguranţă mecanică al conductoarelor, în raport cu rezistenţa de rupere în condiţiile curenţilor de scurtcircuit, dacă puterea de scurtcircuit nu depăşeşte valoarea : conductoarelor neomogene, condiţia se aplică fiecăruia dintre elementele componente în parte.

Se admite să se renunţe la verificarea conductoarelor flexibile la solicitări mecanice, în condiţiile curenţilor de scurtcircuit, dacă puterea de scurtcircuit nu depăşeşte valoarea :

110 kV	3 000 MVA
200 kV	6 000 MVA
400 kV	12 000 MVA

Din punct de vedere termic, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit nu trebuie să provoace o creştere a temperaturii conductoarelor flexibile active şi de protecţie peste următoarele valori :

— conductoare funie supuse unei tensiuni < 1 daN/mm^2 :

— aluminiu 180°C
— cupru 200°C
— oţel 200°C

— conductoare funie supuse unei tensiuni $\geqslant 1$ daN/mm^2 :

— oţel-aluminiu 160°C
— aldrey 160°C
— aluminiu 130°C
— cupru 170°C
— oţel 200°C

Se presupune în calcul o densitate uniformă a curentului de scurtcircuit pe secţiunea conductorului. În cazul conduc-

toarelor de oțel-aluminiu, se consideră că întregul curent de scurtcircuit trece numai prin partea de aluminiu.

3.5. Cablurile se verifică la solicitări termice. Curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit nu trebuie să provoace o creștere a temperaturii conductoarelor cablului peste valorile admise de întreprinderea constructoare. Se presupune în calcul o densitate uniformă a curentului de scurtcircuit pe secțiunea conductorului.

În lipsa datelor furnizate de întreprinderea constructoare, se indică, informativ, următoarele valori pentru temperatura maximă a conductoarelor de cupru sau de aluminiu ale cablurilor la sfîrșitul scurtcircuitului :

— cabluri cu tensiune nominală pînă la 6 kV inclusiv : 160°C
— cabluri cu tensiune nominală de 10 . . . 20kV : 140°C
— cabluri cu tensiune nominală mai mare decît 20 kV : 120°C

Cablurile monofazate se verifică, de asemenea, la solicitări termice prin curenți induși în armătura metalică sau în alte elemente similare, precum și la solicitări mecanice în condițiile curenților de scurtcircuit, pe baza valorilor admisibile (și ◆ eventual a metodologiei de calcul) indicate de întreprinderea constructoare (a se vedea și normativul PE 107).

3.6. Izolatoarele din centralele și stațiile electrice se verifică la solicitări mecanice în condițiile curenților de scurtcircuit.

La izolatoarele suport sau de trecere care susțin conductoare rigide, se recomandă să se țină seama de mărirea eforturilor datorită oscilațiilor conductoarelor, provocate de forțele electrodinamice.

Coeficientul de siguranță mecanică în condițiile curenților de scurtcircuit ai izolatoarelor de suspensie (în raport cu sarcina medie de rupere) și ai izolatoarelor suport și de trecere (în raport cu sarcina mecanică nominală de ținere) nu trebuie să fie mai mic decît următoarele valori :

— izolatoare de suspensie 2
— izolatoare suport și de trecere 1,25

La izolatoarele suport și de trecere, dacă forțele produse de curenții de scurtcircuit sînt aplicate altfel decît cele de încercare, trebuie să se țină seama de acest fapt, făcîndu-se corelația necesară în calcul.

3.7. Armăturile, clemele, piesele de fixare a conductoarelor din centralele și stațiile electrice se verifică la solicitări mecanice și termice. Piesele de racord ale cablurilor de orice tensiune, precum și armăturile și clemele liniilor electrice aeriene cu tensiunea nominală a 110 kV sau mai mare se verifică numai la solicitări termice. Nu este obligatorie verificarea la efectele curenților de scurtcircuit a armăturilor și clemelor aparținînd liniilor aeriene cu tensiunea nominală mai mică de 110 kV.

Coeficientul de siguranță mecanică în raport cu efortul de rupere al elementelor menționate mai sus în condițiile curenților de scurtcircuit nu trebuie să fie mai mic decît valoarea 2. În același timp, eforturile la care sînt supuse aceste elemente în timpul scurtcircuitelor nu trebuie să depășească limita de curgere.

Elementele care sînt parcurse în mod normal de curent (cleme de legătură electrică, piese de racord), inclusiv suprafețele lor de contact, nu trebuie să se încălzească prin trecerea curentului de scurtcircuit mai mult decît conductoarele respective.

Verificarea la efectele termice a elementelor care nu sînt parcurse în mod normal de curent (armături, cleme de legătură mecanică, piese de fixare a conductoarelor) se va face pe baza unei metodologii care va fi stabilită ulterior.

3.8. La verificarea solicitărilor mecanice ale conductoarelor flexibile, ale izolatoarelor care susțin conductoare flexibile, ale armăturilor și clemelor corespunzătoare, se consideră că scurtcircuitul se produce în următoarele condiții simultane :

— temperatura conductoarelor —5°C ;

— conductoarele sînt acoperite cu chiciură ;

— există vînt cu o viteză corespunzătoare existenței chiciurii.

Vîntul și chiciura se iau în considerare numai la instalațiile de tip exterior.

4. CALCULUL CURENTULUI DE SCURTCIRCUIT DE ŞOC ŞI AL CURENTULUI ECHIVALENT TERMIC DE 1 S AL CURENTULUI DE SCURTCIRCUIT

◆ **4.1.** În circuitele de curent alternativ, curentul de scurtcircuit de şoc $i_ş$ se determină cu relaţia :

$$i_ş = \varkappa \sqrt{2} \cdot I_k''$$

în care : $\varkappa$ este factorul de şoc ;
I_k'' — valoarea efectivă iniţială a componentei alternative a curentului de scurtcircuit.

Factorul de şoc se determină cu ajutorul nomogramei din figura 1, în funcţie de raportul R/X, în care R este partea reală, iar X coeficientul părţii imaginare a impedanţei complexe a căii de scurtcircuit de la sursă la locul defectului.

4.2. În circuitele de curent continuu, curentul de scurtcircuit de şoc $i_ş$ poate fi considerat egal cu curentul de scurtcircuit stabilizat I_k.

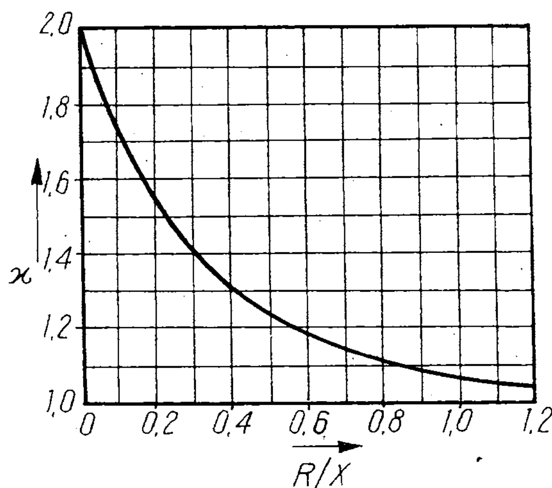


Fig. 1

4.3. La determinarea curentului de scurtcircuit de şoc se recomandă să se țină seama de efectul aparatelor limitatoare de curent (dacă există).

Aparatele limitatoare de curent (întreruptoare rapide de joasă tensiune, siguranțe fuzibile cu mare putere de rupere) întrerup atît de rapid curentul de defect, încît el nu poate atinge valoarea curentului de șoc prezumat, care ar lua naștere în lipsa acestor aparate.

În astfel de cazuri, se consideră drept curent de scurtcircuit de şoc $i_ş$ valoarea instantanee maximă atinsă de curentul de scurtcircuit pînă în momentul întreruperii (denumită curent de scurtcircuit limitat). Determinarea acestei valori se face pe baza indicațiilor întreprinderii constructoare a aparatului limitator respectiv.

◆ **4.4.** În circuitele de curent alternativ, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit I_m se determină cu relația :

$$I_m = I_k'' \sqrt{(m + n)\, t/1}$$

în care : I_k'' este valoarea efectivă inițială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit ;

m — un coeficient care ține seama de aportul componentei aperiodice a curentului de scurtcircuit ;

n — un coeficient care ține seama de variația în timp a componentei periodice ;

t — durata defectului (s).

Factorul 1 la numitor sub radical reprezintă 1 s și asigură omogenitatea relației.

Valoarea coeficientului m este indicată în figura 2 a, în funcție de durata t a defectului și de factorul de şoc $\varkappa$. Valoarea coeficientului n este indicată în figura 2 b, în funcție de durata t a defectului și de raportul I_k''/I_k , în care I_k este valoarea efectivă stabilizată a curentului de scurtcircuit.

În cazul ciclurilor cu reanclaşare, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit I_m este dat de relația :

$$I_m = \sqrt{I_{m_1}^2 + \ldots I_{m_n}^2}$$

în care : $I_{m_1} \ldots I_{m_n}$ sînt curenții echivalenți termic de 1 s ai curentului de scurtcircuit, determinați pentru intervalele de timp în care circuitul este străbătut de curentul de defect.

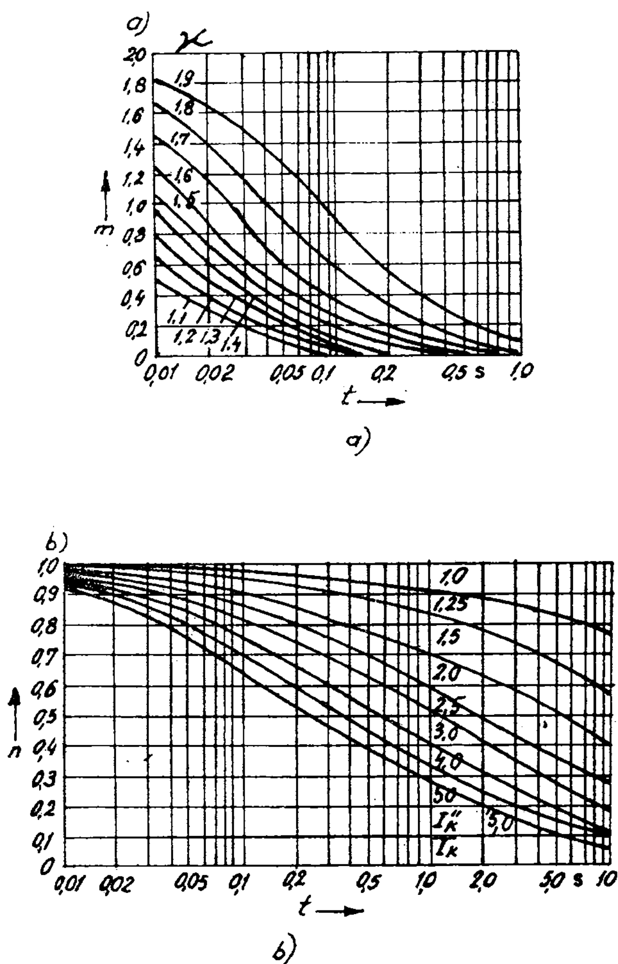


Fig. 2

4.5. În circuitele de curent continuu, curentul echivalent termic de 1 s, I_m, al curentului de scurtcircuit poate fi determinat aproximativ cu relația :

$$I_m = I_k \sqrt{t/1}$$

în care : I_k este curentul stabilizat de scurtcircuit ;
t — durata defectului (s).

Factorul 1 la numitor sub radical reprezintă 1 s și asigură omogenitatea relației.

4.6. La determinarea curentului echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit, se recomandă să se țină seama de efectul aparatelor limitatoare de curent (dacă există), pe baza indicațiilor întreprinderii constructoare a acestor aparate.

5. CALCULUL ÎNCĂLZIRII CONDUCTOARELOR PARCURSE DE CURENTUL DE SCURTCIRCUIT

5.1. Temperatura finală a unui conductor la sfîrșitul scurtcircuitului, considerînd că fenomenul de încălzire este adiabatic, poate fi determinată cu ajutorul nomogramelor din figura 3, în care :

θ_c este temperatura inițială a conductorului (°C) :

θ_{sc} — temperatura finală a conductorului (°C) ;

j_t — densitatea de curent la scurtcircuit (A/mm²).

5.2. Densitatea de curent la scurtcircuit rezultă din relația :

$$j_t = I_m/s \ (A/mm^2)$$

în care: I_m este curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit (A) ;
s — secțiunea conductorului (mm²).

În cazul conductoarelor de oțel-aluminiu, se ia în considerare numai secțiunea părții de aluminiu.

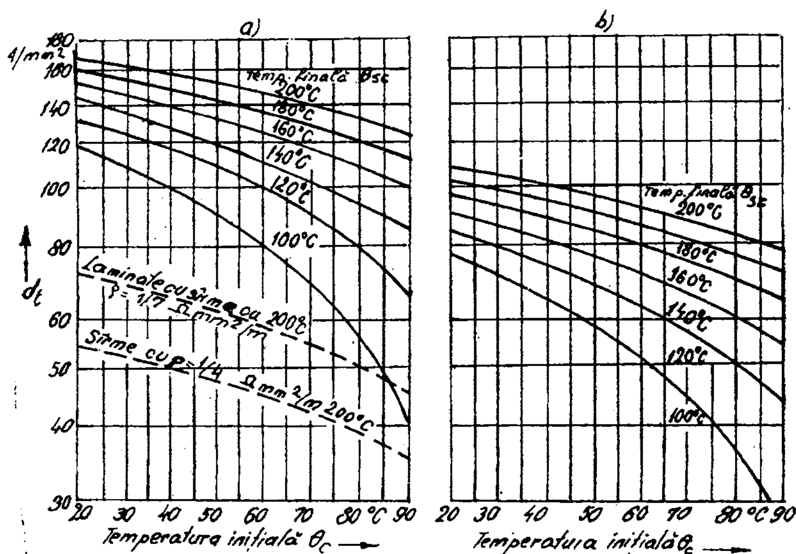


Fig. 3

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucţiuni pentru proiectarea staţiilor de conexiuni şi transformare **Întreruptoare de înaltă tensiune**	PE 111-1/75 Grupa 1 Electro-energetică

CUPRINS

Aprobat prin ordinul M.E.E. nr. 579/2.08.75	Înlocuieşte :	Data intrării în vigoare: 1 dec. 1975

1. DOMENIUL DE APLICARE ŞI CRITERIILE DE ALEGERE A ÎNTRERUPTOARELOR

1.1. Se aplică la alegerea sau la verificarea întreruptoarelor din stațiile de conexiuni și transformare cu tensiunea nominală mai mare de 1 kV, inclusiv din stațiile aferente centralelor electrice.

Se referă exclusiv la întreruptoarele de putere de curent alternativ cu frecvența de 50 Hz, pentru circuite cu tensiunea nominală mai mare de 1 kV.

Nu se referă la întreruptoarele de tipuri sau cu utilizări speciale, cum sînt cele pentru alimentarea cuptoarelor electrice, cu arc, comutatoarele de prize, acționarea motoarelor de tracțiune electrică, întreruptoare prevăzute a fi utilizate în linii electrice aeriene ce comportă condensatoare în serie etc.

1.2. Alegerea întreruptoarelor de înaltă tensiune se face pe baza următoarelor criterii : principiul de stingere a arcului, valorile nominale ale frecvenței, tensiunii (inclusiv nivelul de izolație) şi curentului, ciclul de funcționare nominal, duratele proprii de funcționare, capacitatea de rupere și capacitatea de închidere nominale, posibilitatea de manevră în situații speciale (întreruperea curenților mici inductivi, întreruperea curenților capacitivi, funcționarea în domeniul critic, întreruperea curenților mici), funcționarea în situații speciale de defect (defect pe linie, discordanță de fază, defect consecutiv, dublă punere la pămînt), stabilitatea termică și electrodinamică la scurtcircuit, condițiile de mediu, sistemul de acționare, detaliile constructive, condițiile de întreținere şi de exploatare, zgomotul în timpul manevrării, perturbațiile radioelectrice.

2. LEGISLAŢIA TEHNICĂ

◆ 2.1. Standarde

STAS 3686-74. Întreruptoare de putere pentru tensiuni alternative peste 1 kV. 1. Condiții generale de calitate. 2. Metode de încercare la funcţionarea în gol. 3. Metode de încercare a izolației. 4. Metode de încercare la încălzire, în regim nominal de funcționare. 5. Metode de încercări funcționale în sarcină.

STAS 5081-73. Aparate electrice de comutație. Terminologie.

STAS 4195-70. Dispozitive pentru acţionarea întreruptoarelor peste 1 kV.

STAS 6669-69. Încercarea echipamentului electric la înaltă tensiune.

STAS 6489-67. Reţele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolației, nivelurile de izolație și de protecţie.

◆ 2.2. Prescripţii, normative, instrucţiuni

PE 003/79. Nomenclatorul de verificări, încercări şi probe privind montajul, punerea în funcţiune și darea în exploatare a instalaţiilor energetice.

PE 013/79. Normativ privind metodele şi elementele de calcul al siguranţei în funcţionare a instalaţiilor energetice.

PE 101/77. Normativ pentru construcţia instalaţiilor electrice de conexiuni şi transformare cu tensiuni peste 1 kV.

PE 103/70. Instrucţiuni pentru dimensionarea şi verificarea instalaţiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice în condiţiile de scurtcircuit.

PE 109/74. Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației şi protecţia instalaţiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.

PE 116/78. Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice, la punerea în funcțiune și în exploatare.

3. DATELE NECESARE PENTRU PROIECTARE

3.1. Destinația circuitului primar.

3.2. Numărul de faze ale circuitului primar.

3.3. Tensiunea nominală a circuitului primar.

3.4. Frecvența nominală a rețelei.

3.5. Tratarea neutrului rețelei.

3.6. Curentul nominal al circuitului primar.

3.7. Curentul maxim de durată al circuitului primar (corespunde supraîncărcării de durată admise sau previzibile pentru consumatorii sau linia alimentată).

3.8. Timpul de declanșare total al protecției de bază.

3.9. Mărimile necesare pentru determinarea capacității de deconectare și de conectare și a stabilității termice și electrodinamice.

3.10. Date necesare în cazul unor condiții de funcționare și de verificare speciale (comportarea la defect kilometric, întreruperea curenților transformatoarelor în gol, comportarea la conectarea și deconectarea liniilor aeriene în gol, comportarea la conectarea și deconectarea cablurilor în gol, comportarea la conectarea și deconectarea bateriilor de condensatoare în derivație, comportarea la defectul consecutiv, comportarea în cazul opoziției de fază).

3.11. Date impuse, referitoare la dispozitivul de acționare, ca, de exemplu :

— tensiunea nominală a sursei auxiliare ;

— presiunea nominală a aerului comprimat și limitele admise ;

— puterea maximă admisă a fi consumată de declanșatoarele de închidere și de deschidere ;

— numărul și tipul contactelor auxiliare necesare.

3.12. Detalii constructive.

3.13. Zona geografică, altitudinea şi condiţiile climatice.

3.14. Catalogul de întreruptoare, cuprinzînd cel puţin următoarele date :

3.14.1. Principiul de stingere a arcului.
3.14.2. Numărul de poli.
3.14.3. Frecvenţa nominală.
3.14.4. Tensiunea nominală.
3.14.5. Nivelul de izolaţie.
3.14.6. Tipul interior sau exterior.
3.14.7. Curentul nominal.
3.14.8. Ciclul de funcţionare.
3.14.9. Capacitatea de funcţionare.
3.14.10. Capacitatea de conectare.
3.14.11. Dispozitivul de acţionare.
3.14.12. Diversele durate de funcţionare.

3.14.13. Curentul de stabilitate termică şi cel de stabilitate electrodinamică.

3.14.14. Detalii constructive şi funcţionale, descrierea întreruptorului şi desenele respective, inclusiv cotele de gabarit, schema electrică şi modul de funcţionare în detaliu, sistemul de fixare, posibilităţile de montare în diverse poziţii a dispozitivului de acţionare, greutatea totală şi cea a uleiului, sarcini statice şi dinamice transmise construcţiilor de susţinere, condiţiile privind calitatea mediului de stingere a arcului, distanţele minime în aer între poli şi între părţile sub tensiune şi pămînt, limita perimetrului de securitate (dacă se face evacuarea în exterior a gazelor ionizate sau a flăcărilor), tipul, poziţia şi dimensiunile bornelor, precum şi solicitările mecanice admisibile.

— Detalii privitoare la rezistenţele de încălzire (dacă există).

— Indicaţii cu privire la modul de transport.

3.14.15. Numărul de manevre în gol, în sarcină şi la scurtcircuit, admis între două revizii.

3.14.16. Condiţii climatice şi de altitudine admise.

3.14.17. Standardele la care corespunde.

4. PRINCIPIUL DE STINGERE A ARCULUI

Acest element influențează foarte mult calitățile întreruptorului și comportarea sa în diverse situații.

În prezent cele mai cunoscute principii sau medii de stingere a arcului la întreruptoarele de înaltă tensiune sînt următoarele :

— ulei puțin ;
— ulei mult ;
— aer comprimat ;
— hexafluorură de sulf SF_6 ;
— suflaj magnetic ;
— vid.

4.1. Întreruptoarele cu ulei mult sînt tot mai puțin folosite în prezent, din cauza pericolului de explozie și de incendiu. În rest ele au o comportare bună în exploatare, iar construcția este simplă și sigură. Vor fi totuși evitate pe cît posibil, rămînînd să fie folosite la posturi de transformare și la stații electrice de importanță redusă, de preferință numai în instalații exterioare.

4.2. Întreruptoarele cu ulei puțin sînt foarte răspîndite, pînă la cele mai mari tensiuni și puteri de rupere. Ele sînt de o construcție simplă și robustă, au o foarte bună comportare în exploatare, iar revizia este ușoară și rapidă. Viteza de rupere a arcului fiind moderată, supratensiunile produse sînt mici, cu excepția întreruperii curenților capacitivi, unde se cere o mare viteză de rupere. Comportarea la defect evolutiv este mai slabă. La tensiuni foarte înalte se utilizează sistemul constructiv „baukasten“ (adică se montează în serie elemente, camera de stingere) pentru tensiuni mai reduse, ceea ce ușurează problemele de fabricație, încercare și întreținere. Aceste aparate sînt foarte potrivite pentru condițiile din țara noastră.

4.3. Întreruptoarele cu aer comprimat sînt, de asemenea, foarte răspîndite, pînă la cele mai mari tensiuni și puteri de rupere.

Construcţia lor este complicată, punînd probleme de fabricaţie deosebite. În plus, ele necesită o instalaţie de distribuţie a aerului comprimat de mare presiune, care dă adesea dificultăţi în exploatare.

Viteza de rupere a arcului fiind foarte mare, există tendinţa producerii unor supratensiuni importante, în special în cazul micilor curenţi inductivi. Comportarea la întreruperea curenţilor capacitivi şi la defectul evolutiv este foarte bună, dar apar probleme la întreruperea defectului pe linie. La tensiuni foarte înalte se utilizează sistemul baukasten, fiind necesare mai puţine elemente în serie decît în cazul aparatelor cu ulei puţin.

În prezent se fac cercetări pentru utilizarea aerului comprimat la presiune foarte mare (circa 80 bar), ceea ce ameliorează mult puterea de rupere şi nivelul de izolaţie.

Pentru condiţiile din ţara noastră, aparatele cu aer comprimat pot fi folosite la puteri de rupere foarte mari sau în condiţii de funcţionare speciale, în care se comportă mai bine decît alte tipuri de întreruptoare.

4.4. Întreruptoarele cu hexafluorură de sulf SF_6 se răspîndesc tot mai mult, datorită calităţilor lor excepţionale. Acestea se bazează pe proprietăţile gazului SF_6, a cărui rigiditate dielectrică la presiunea atmosferică este de 2—3 ori mai mare decît a aerului, iar la circa 3 bar este egală cu cea a uleiului.

La presiunea atmosferică, capacitatea sa de stingere a arcului este mult mai mare decît cea a aerului şi creşte repede cu presiunea. Viteza de refacere a rigidităţii dielectrice este, de asemenea, mult mai mare decît în cazul aerului. Întreruptoarele cu hexafluorură de sulf se comportă bine la toate situaţiile speciale (defect pe linie şi defect evolutiv, întreruperea micilor curenţi inductivi şi capacitivi).

4.5. Întreruptoarele cu suflaj magnetic se fabrică în prezent pentru tensiuni medii. Ele sînt simple, robuste, se comportă bine în exploatare şi necesită lucrări de întreţinere reduse.

La curenţi mici, efectul de suflaj magnetic este insuficient pentru ruperea arcului. De aceea pentru întreruperea curenţilor mici se prevăd dispozitive suplimentare, de exemplu un sistem simplu de suflaj cu aer.

4.6. Întreruptoarele cu vid se bazează pe marea rigiditate dielectrică a vidului înaintat (10^{-2}—10^{-3} Pa). În vid arcul se stinge de la sine, chiar înainte de trecerea curentului prin zero.

Timpul de întrerupere este mai mic decît două perioade, iar rigiditatea dielectrică se reface extrem de repede. Tăierea rapidă a curentului produce supratensiuni mari, atît la sarcina nominală, cît mai ales la întreruperea micilor curenți inductivi.

Se evită aceasta prelungind durata arcului, prin menținerea unui echilibru delicat al nivelului de vaporizare a electrozilor în timpul arderii arcului.

Materialul electrozilor este cel mai important parametru în vederea unor performanțe superioare.

Comportarea este bună la toate tipurile de defecte, precum și la deconectarea bateriilor de condensatoare.

Datorită simplității aparatelor, se reduc mult lucrările de întreținere. Întreruptoarele cu vid sînt încă la începutul evoluției lor, fiind deocamdată foarte puțin răspîndite.

Pentru întreruptoarele cele mai răspîndite este indicată o comparație tehnică.

5. NUMĂRUL DE POLI

În principiu, întreruperea circuitelor cu tensiunea mai mare de 1 kV se face la toate conductoarele active ale circuitului. Aceasta se poate realiza cu un singur întreruptor multipolar (tripolar în cazul circuitelor trifazate) sau cu un număr corespunzător de întreruptoare monopolare.

Întreruptoarele monopolare, avînd dispozitiv de acționare pentru fiecare pol, se folosesc obligatoriu la tensiuni foarte înalte, unde, din cauza distanței mari dintre poli, nu se poate realiza o transmisie mecanică comună de la un singur dispozitiv de acționare. Ele se folosesc, de asemenea, în cazul circuitelor cu reanclanșarea automată monofazată, la care este necesar în general cîte un dispozitiv de acționare pentru fiecare pol.

6. CONDIŢIILE DE INSTALARE

6.1. Altitudinea

Întreruptoarele îşi păstrează caracteristicile garantate şi pot fi instalate fără restricţii pînă la altitudinea maximă indicată de întreprinderea constructoare, de regulă 1 000 m.

Pentru altitudini mai mari, dacă nu se poate dispune de indicaţiile întreprinderii constructoare, se vor utiliza factorii de corecţie din tabelul 1.

◆ *Tabelul 1*

Altitudinea maximă, m	Factorul de corecţie al tensiunii nominale	Factorul de corecţie al tensiunii de încercare
1 000	1,00	1,00
1 400	0,95	1,05
3 000	0,80	1,25

6.2. Tipul interior sau exterior

6.2.1. Se vor alege întreruptoare de interior în cazurile în care montarea lor se face într-o clădire sau într-un adăpost, unde izolaţia este protejată împotriva ploii, a zăpezii, a depozitelor anormale de praf, a condensării anormale (inclusiv roua şi chiciura), la nevoie prin încălzirea şi ventilarea încăperii. În celelalte cazuri se vor alege întreruptoare de exterior, special construite pentru condiţii de funcţionare corespunzătoare.

La tensiuni foarte înalte, la care nu se fabrică decît tipuri de exterior, se admite montarea în interior a acestora.

6.2.2. Se va evita instalarea în interior a întreruptoarelor cu ulei mult. Se admite însă montarea în interior a celor cu ulei puţin.

6.3. Caracteristicile mediului ambiant

6.3.1. În condițiile din România se va lua în considerare următorul domeniu de temperaturi, pentru mediul în care se amplasează întreruptoarele :

— valoarea maximă absolută +40°C
— valoarea maximă a mediei de 24 ore +35°C
— valoarea minimă absolută :

- pentru condiții normale de lucru — în exterior : —30°C; în interior : — 5°C
- pentru condiții severe de lucru — în exterior : —50°C; în interior : —20°C

Pentru cazurile în care caracteristicile reale ale mediului se pot găsi în afara domeniilor indicate, este necesară consultarea întreprinderii constructoare.

6.3.2. Umiditatea relativă a aerului în locul de montare a întreruptorului nu trebuie să depășească pe cea pentru care este garantată buna funcționare a acestuia. În caz contrar se recomandă consultarea întreprinderii constructoare.

La alegerea întreruptorului, se va observa ca umiditatea relativă reală să nu depășească pe cea admisă de întreprinderea constructoare sau de standardul corespunzător. În caz contrar se recomandă consultarea întreprinderii constructoare.

6.3.3. Depunerile de umiditate pe întreruptoarele de tip interior vor fi evitate. Dacă acest lucru nu se poate realiza, se va recurge la condiționarea aerului sau se vor alege întreruptoare de tip exterior.

Pentru o bună funcționare a întreruptoarelor, în condițiile climatice din țara noastră, se recomandă ca stratul de gheață să fie sub 5 kg/m².

6.3.4. Impurificările atmosferice în cazul întreruptoarelor de exterior de fabricație curentă trebuie să fie suficient de reduse, pentru a nu prezenta pericole deosebite.

6.3.5. Presiunea vîntului pe aparatele de exterior se determină cu relația :

$$P = 0{,}7 \frac{V^2_{max.}}{16} \ [daN/m^2],$$

în care :

$v_{max.}$ este viteza maximă a vîntului, m/s.

Se determină în raport cu condițiile climatice locale, conform normativului PE 101.

Valoarea astfel obținută nu trebuie să depășească 700 N/m².

7. FRECVENȚA NOMINALĂ

Frecvența nominală, pentru tensiunea de alimentare a întreruptorului, va fi de 50 Hz.

8. TENSIUNEA NOMINALĂ

8.1. Tensiunea nominală a întreruptorului trebuie să corespundă următoarelor valori :

(3, 6); 7, 2; 12; (17, 5); 24; (30); (36); (42); (72, 5); 123; 245; 420 kV.

Valorile din paranteză se vor evita pe cît posibil.

9. NIVELUL IZOLAȚIEI

9.1. Tensiunile de încercare vor fi cele prevăzute în STAS 3686-74.

Pentru altitudini mai mari de 1 000 m, se vor stabili condiții speciale, de comun acord cu întreprinderea constructoare. În lipsa acestora, se pot folosi indicațiile din tabelul 1.

◆ **9.2.** Lungimea liniei de conturnare pe suprafața izolatoarelor, în funcție de gradul de poluare a atmosferei, este indicată în normativul PE 109.

10. CURENTUL NOMINAL

10.1. Curentul nominal al întreruptorului va îndeplini condiția :

$$I_{md} \leqslant I_n,$$

în care :

I_n este curentul nominal al întreruptorului ;

I_{md} — curentul maxim de durată al circuitului.

În principiu, se va alege valoarea standardizată minimă care satisface condiția de mai sus, ținîndu-se seama și de perspectivele de viitor.

Dacă întreruptorul este destinat să funcționeze în alte condiții de altitudine sau climatice decît cele de referință, se recomandă consultarea întreprinderii constructoare.

10.2. Curentul nominal în serviciu continuu al întreruptorului va avea una dintre următoarele valori : 400, 630, 800, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 3 150, 4 000, 5 000, 6 300 A.

10.3. Dacă circuitul este străbătut de curenți de durată limitată, mai mari decît curentul maxim de durată I_{md} (suprasarcini intermitente), se va consulta de asemenea întreprinderea constructoare.

11. DURATA ADMISIBILĂ NOMINALĂ A CURENTULUI DE SCURTCIRCUIT

Durata admisibilă nominală a curentului de scurtcircuit este acel timp în care întreruptorul fiind închis poate suporta un curent egal cu capacitatea sa de rupere nominală la scurtcircuit.

Valoarea standardizată a duratei admisibile nominale a curentului de scurtcircuit este egală cu o secundă.

Dacă este necesară o valoare superioară valorii de 1 s, se recomandă valoarea de 3 s.

Prevederile de mai sus nu se referă la întreruptoare echipate cu declanșatoare primare maximale de curent.

12. SECVENȚA NOMINALĂ DE MANEVRE

Există două variante de secvențe nominale de manevră corespunzînd următoarelor formule :

A) D—t—ID—t′—ID.

B) ID—t″—ID.

În absența unor indicații privind intervalele se consideră :

a) t = 3 min, pentru întreruptoare care nu sînt destinate funcționării în regim de reanclanșare automată rapidă (RAR), și t = 0,3 s, pentru întreruptoare care sînt destinate funcționării în regim RAR (durata de rupere — stabilire) ;

b) t′ = 3 min ;

c) t″ = 15 s, pentru întreruptoare care nu sînt destinate funcționării în regim de RAR.

În formulele de mai sus :

D reprezintă operația de deschidere ;

ID reprezintă o operație de închidere urmată imediat (astfel spus, fără o întîrziere intenționată) de o operație de deschidere ;

t, t′, t″ reprezintă intervalele de timp dintre două operații succesive ;

t și t′ trebuie să fie exprimate întotdeauna în minute sau în secunde ;

t″ trebuie să fie exprimat întotdeauna în secunde.

Dacă pauza de curent este reglabilă, limitele de reglaj trebuie să fie specificate.

13. CAPACITATEA DE RUPERE

13.1. Definiții

13.1.1. Tensiunea de restabilire la frecvența rețelei (sau prescurtat tensiunea de restabilire) este valoarea eficace a undei de tensiune fundamentale (la frecvența rețelei), care reapare la bornele întreruptorului după stingerea arcului la toți polii.

Tensiunea de restabilire poate fi măsurată :

— fie între borna de intrare şi de ieşire a fiecărui pol ; la întreruptoarele multipolare se indică o singură valoare, şi anume media valorilor de pe fiecare fază ;

— fie între bornele de intrare ale polilor (la întreruptoarele multipolare). Această valoare rezultă din cea precedentă (media valorilor dintre bornele de intrare şi de ieşire) prin multiplicarea cu un coeficient care depinde de numărul de poli şi de faze (de exemplu, $\sqrt{3}$ în cazul întreruptoarelor tripolare din circuitele trifazate).

Notînd cu V_1, V_2 şi V_3 valorile duble ale amplitudinilor, tensiunea de restabilire U_r se determină cu relaţia :

$$U_r = \sqrt{3}\,\frac{1}{3}\left(\frac{V_1}{2\sqrt{2}} + \frac{V_2}{2\sqrt{2}} + \frac{V_3}{2\sqrt{2}}\right).$$

Tensiunea de restabilire nu trebuie să depăşească tensiunea maximă de lucru a întreruptorului.

13.1.2. Curentul simetric întrerupt este valoarea eficace a componentei periodice (alternative) a curentului în momentul separării contactelor. El are valoarea :

$$I_{pr} = \frac{m}{2\sqrt{2}}$$

În cazul întreruptoarelor care întrerup atît de rapid, încît curentul nu poate fi determinat conform figurii 1, sau care reduc sensibil valoarea curentului întrerupt, se defineşte curentul simetric întrerupt virtual. El reprezintă valoarea curentului propriu al circuitului, dacă nu ar exista întreruptorul, determinată în momentul în care ar trebui să se facă separarea contactelor.

Curentul de rupere simetric nominal este valoarea maximă a curentului simetric întrerupt, garantată de întreprinderea constructoare în anumite condiţii de referinţă. Este denumit uneori impropriu putere de rupere simetrică nominală.

13.1.3. Curentul asimetric întrerupt este valoarea eficace a curentului asimetric (total), în momentul separării contactelor. El are valoarea :

$$I_r = \sqrt{I_{pr}^2 + I_{cr}^2} = \sqrt{\left(\frac{m}{2\sqrt{2}}\right)^2 + n^2},$$

în care :

I_{pr} este valoarea eficace a componentei periodice (alternative) întrerupte ;

I_{cr} — valoarea componentei continue întrerupte.

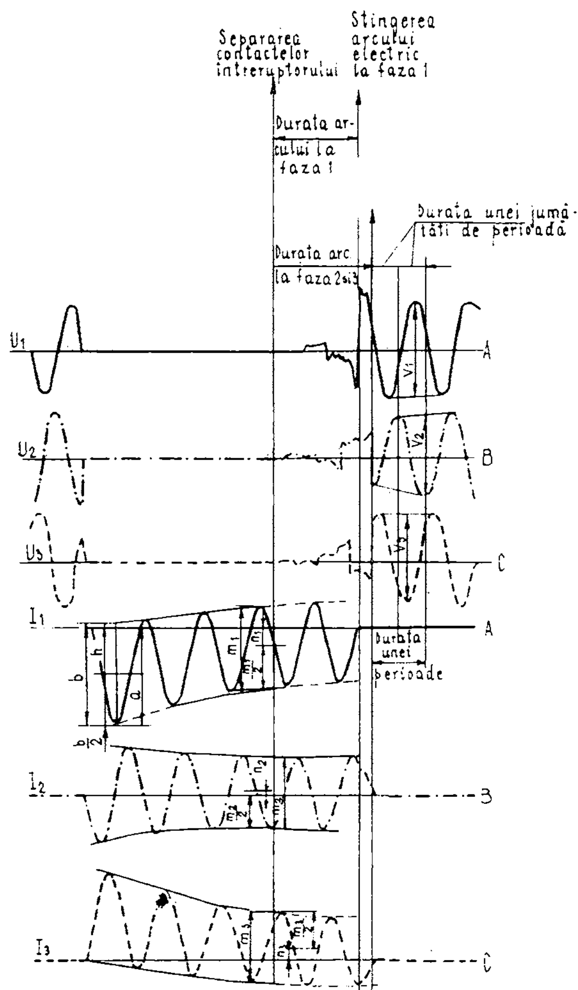


Fig. 1. Variaţia tensiunii şi a curentului în cazul unui scurtcircuit la bornele întreruptorului.

În cazul întreruptoarelor care întrerup atît de rapid, încît curentul nu poate fi determinat conform figurii 2, sau care reduc sensibil valoarea curentului întrerupt, se defineşte curentul asimetric întrerupt virtual. El reprezintă valoarea curentului propriu al circuitului dacă nu ar exista întreruptorul, determinată în momentul în care ar trebui să se facă separarea contactelor.

Cînd componenta continuă I_{cr} reprezintă mai puţin de 20%, din $\sqrt{2}\,I_{pr}$, ea poate fi în general neglijată.

Curentul de rupere asimetric nominal este valoarea maximă a curentului asimetric întrerupt, garantată de între-

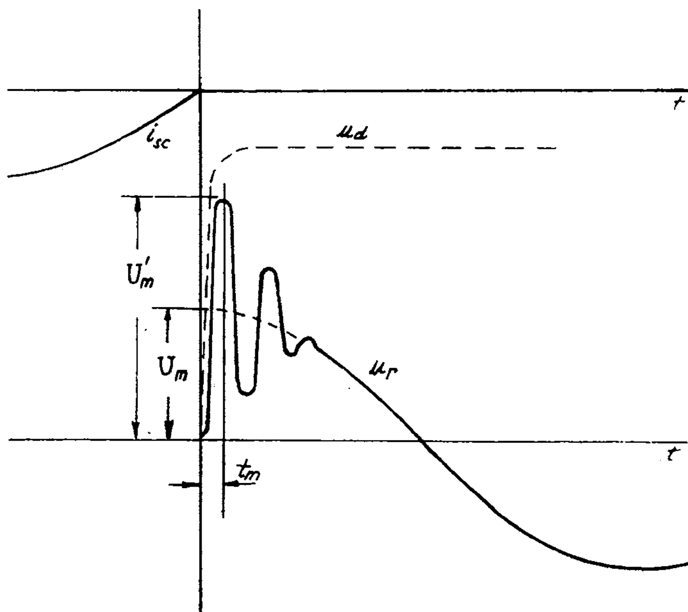


Fig. 2. Tensiunea tranzitorie de restabilire (prezentare schematică) în cazul unei singure frecvenţe :

i_{sc} — curentul de scurtcircuit; u_r — valoarea instantanee a tensiunii de restabilire; U_m — valoarea de vîrf a tensiunii de restabilire; U'_m — valoarea de vîrf a tensiunii tranzitorii de restabilire; t_m — semiperioada tensiunii tranzitorii de restabilire; u_d — valoarea instantanee a rigidităţii dielectrice a intervalului dintre contactele întreruptorului.

prinderea constructoare pentru oricare pol al întreruptorului, în anumite condiţii de referinţă. Este denumit uneori impropriu puterea de rupere asimetrică nominală.

13.1.4. Puterea simetrică întreruptă se defineşte prin relaţia :

$$P_{pr} = kU_r \cdot I_{pr},$$

în care :

U_r este tensiunea de restabilire (între bornele de intrare în cazul întreruptoarelor multipolare) ;

I_{pr} — curentul simetric întrerupt ;

k — factorul de fază ; pentru întreruptoare monopolare şi bipolare în circuite monofazate, $k = 1$, iar pentru întreruptoarele tripolare în circuite trifafazate, $k = 3$.

Puterea de rupere simetrică nominală este valoarea maximă a puterii simetrice întrerupte, garantată de întreprinderea constructoare în anumite condiţii de referinţă.

Ea are expresia :

$$P_{prn} = KU_r \cdot I_{prn},$$

în care :

I_{prn} este curentul de rupere simetric nominal.

13.1.5. Puterea asimetrică întreruptă P_r şi **puterea de rupere asimetrică nominală** P_{prn} sînt mărimi determinate în aceleaşi condiţii ca la pct. 13.1.4., înlocuind pe I_{pr} şi I_{prn} cu I_r şi I_{rn}, unde :

I_r este curentul asimetric întrerupt (pe faza unde valoarea sa este maximă) ;

I_{rn} — curentul de rupere asimetric nominal.

13.1.6. Tensiunea tranzitorie de restabilire este tensiunea tranzitorie care apare în bornele fiecărui pol al întreruptorului imediat după stingerea arcului.

Tensiunea tranzitorie de restabilire se consideră ca suma a două componente : una periodică cu frecvenţa reţelei (tensiunea de restabilire) şi alta tranzitorie, care poate fi oscilatorie (cu una sau mai multe frecvenţe), neoscilatorie sau combinată, în funcţie de caracteristicile reţelei şi ale întreruptorului.

Tensiunea tranzitorie de restabilire poate fi definită numeric fie prin însăşi curba respectivă, fie printr-o serie de parametri. În cazul unei singure frecvenţe, aceşti parametri sînt :

— Factorul de amplitudine : $K = \frac{U'_m}{U_m}$

— Frecvenţa de oscilaţie : $f' = \frac{1\,000}{2\ t_m}$[kHz]

— Viteza de creştere : $v \cong \frac{U'_m}{t_m}$ [V/μs]

unde :

U_m este valoarea de vîrf a tensiunii de restabilire la frecvenţa reţelei, V. Se determină cu relaţia : $U_m = 2\,U_r$ (U_r fiind valoarea eficace a tensiunii de restabilire) ;

U'_m — valoarea de vîrf a tensiunii tranzitorii de restabilire, V ;

t_m — intervalul de timp în care tensiunea de restabilire trece de la valoarea zero la valoarea de vîrf, μs.

În afară de valorile U_m şi K, este suficient să se indice numai una dintre valorile f′ sau v.

Tensiunea tranzitorie de restabilire de referinţă reprezintă acea tensiune tranzitorie de restabilire pentru care este garantată puterea de rupere a întreruptorului, pe bază de încercări.

În general, circuitele de încercare a puterii de rupere folosite în prezent comportă o singură frecvenţă a tensiunii tranzitorii de restabilire. Forma acestei tensiuni este definită de relaţia :

$$u_r = U_m\,(1 - e^{-\alpha t} \cos 2\pi f' t),$$

în care :

u_r este valoarea instantanee a tensiunii tranzitorii de restabilire, V ;

U_m — valoarea de vîrf a tensiunii de restabilire la frecvenţa reţelei, V ;

f′ — frecvenţa oscilaţiei, Hz ;
t — timpul, s ;
α — coeficientul de amortizare.

Cunoscînd valorile U_m, f′ şi α, se pot calcula K şi v, iar cunoscînd valorile U_m, K şi f′ (sau v) se poate calcula α.

13.2. Capacitatea nominală de rupere la scurtcircuit

13.2.1. Capacitatea nominală de rupere la scurtcircuit este curentul de scurtcircuit cel mai mare pe care întreruptorul trebuie să fie capabil să-l întrerupă în condiţiile de utilizare de funcţionare prescrise în STAS 3686-74, într-un circuit în care tensiunea de restabilire de frecvenţă industrială corespunde tensiunii nominale a aparatului, iar tensiunea tranzitorie de restabilire corespunde valorilor nominale.

În cazul existenţei unui acord între producător şi beneficiar se va ţine seama şi de specificaţia referitoare la defectul kilometric.

Capacitatea de rupere nominală la scurtcircuit se exprimă prin două valori ale curentului de rupere, măsurate în momentul separării contactelor :

— valoarea eficace a componentei sale periodice ;
— procentajul componentei aperiodice.

Întreruptorul trebuie să fie capabil, în condiţiile indicate mai jos şi în limitele capacităţii sale de rupere nominale la scurtcircuit, să rupă toţi curenţii de scurtcircuit care au o componentă periodică oarecare, dar care nu depăşeşte valoarea sa nominală, şi un procentaj al componentei aperiodice oarecare, dar care nu depăşeşte valoarea specificată.

Capacitatea de rupere a unui întreruptor la diferite tensiuni de serviciu se determină după cum urmează :

— pentru tensiuni inferioare tensiunii nominale, întreruptorul trebuie să aibă capacitatea de rupere egală cu capacitatea sa de rupere nominală la scurtcircuit ;

— pentru tensiuni superioare tensiunii nominale, nu se garantează nici o capacitate de rupere în afară de cele prevăzute în STAS 3686-74, pct. 4.12. (capacitatea de rupere nominală în cazul discordanţei de fază).

Componenta periodică a capacității de rupere nominale la scurtcircuit trebuie să aibă una dintre următoarele valori : 6,3 ; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80 şi 100 kA.

Fig. 3. Determinarea curentului de închidere şi de rupere a procentajului componentei aperiodice :

AA', BB' — înfăşurătoarea curentului; B_X — linia de mijloc; CC' — deplasarea liniei de zero pentru unda de curent; DD' — valoarea eficace a componentei periodice a curentului măsurată plecîndu-se de la CC'; EE' — momentul separării contactelor; I_{MC} — curentul de închidere; I_{AC} — valoarea de vîrf a componentei periodice a curentului la momentul EE'; I_{DC} — componenta aperiodică a curentului la momentul EE';

$\frac{I_{DC}}{I_{AC}} \times 100$ — procentajul componentei aperiodice.

Valoarea procentajului componentei aperiodice se va determina după cum urmează :

— Pentru un întreruptor care poate fi declanşat de un curent de scurtcircuit fără ajutorul unei forme oarecare de energie auxiliară, procentajul componentei aperiodice trebuie să corespundă unui interval de timp τ egal cu durata minimă de deschidere a întreruptorului (fig. 3 şi 4).

— Pentru un întreruptor care nu poate fi declanşat fără ajutorul unei forme oarecare de energie auxiliară, procentajul componentei aperiodice trebuie să corespundă unui interval de timp egal cu durata de deschidere minimă a întreruptorului la care se adaugă o semiperioadă din frecvenţa nominală (0,01 s).

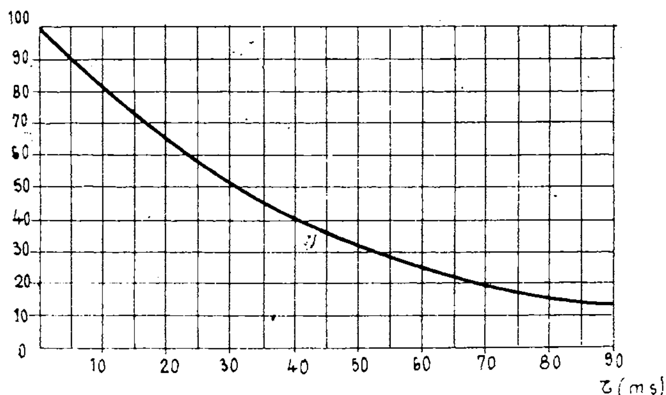


Fig. 4. Procentajul componentei aperiodice în funcție de timpul τ

Durata minimă de deschidere menționată este cea mai scurtă durată de deschidere a întreruptorului care poate să apară, indiferent de condițiile de funcționare, precum și în manevra de rupere a unui ciclu de manevre stabilire-rupere.

13.3. Condiții suplimentare

13.3.1. Configurația circuitului în care este montat întreruptorul trebuie să corespundă celei indicate de întreprinderea constructoare, la care s-au făcut încercările de rupere. În lipsa oricărei indicații, se poate presupune că puterea de rupere nominală corespunde următoarelor tipuri de circuite :

— întreruptoare monopolare: circuit monofazat cu un singur conductor activ și întoarcerea printr-un conductor legat la pămînt ;

— întreruptoare bipolare: circuit monofazat cu două conductoare izolate față de pămînt ;

— întreruptoare tripolare: circuit trifazat cu trei conductoare izolate.

Tratarea neutrului rețelei trebuie să corespundă celei indicate de întreprinderea constructoare. În lipsa oricărei indicații, se poate presupune că puterea de rupere este garantată, indiferent de tratarea neutrului.

13.3.2. Tensiunea de restabilire nu trebuie să depășească tensiunea maximă de lucru a întreruptorului.

Se menționează că în cazul întreruptoarelor tripolare, la un scurtcircuit trifazat, polul care întrerupe primul este supus, în general, unei tensiuni de restabilire cu 50% mai mari decît tensiunea de restabilire pe fază, adică :

$$U_r' = \frac{1,5}{\sqrt{3}} U_r ,$$

în care :

U_r' este tensiunea de restabilire dintre bornele polului care întrerupe primul ;

U_r — tensiunea de restabilire între bornele de intrare ale polilor (între faze).

În rețelele de înaltă și de foarte înaltă tensiune (110 kV sau mai mult) cu neutrul legat direct la pămînt, se poate presupune că nu sînt de prevăzut scurtcircuite trifazate fără punere la pămînt. La întreruptoarele instalate în aceste rețele, se poate ține seama de faptul că tensiunea de restabilire la bornele polului care întrerupe primul nu depășește cu mai mult de 30% tensiunea de restabilire pe fază, adică :

$$U_r' = \frac{1,3}{\sqrt{3}} U_r$$

STAS 3686-74 ține seama de aceasta.

13.3.3. Tensiunea tranzitorie de restabilire proprie rețelei în punctul de instalare a întreruptorului nu trebuie să depășească în nici un moment tensiunea tranzitorie de restabilire de referință a întreruptorului, pentru care este garantată capacitatea de rupere. Comparația se poate face prin două metode :

— Suprapunerea celor două curbe ale tensiunii tranzitorii de restabilire și factorul de amplitudine.

— Viteza de creștere (sau frecvența de oscilație).

13.3.4. Factorul de putere al circuitului întrerupt (definit ca media factorilor de putere ai fiecărei faze) nu trebuie să fie mai mic decît cel indicat de întreprinderea constructoare. În lipsa acestei indicații, se consideră valoarea minimă admisă egală cu 0,15.

13.3.5. Frecvenţa reţelei în momentul întreruperii nu trebuie să difere de frecvenţa nominală a întreruptorului cu o valoare mai mare decît abaterea admisă de întreprinderea constructoare.

13.3.6. Ciclul de funcţionare nu va fi mai sever decît cel prevăzut de întreprinderea constructoare.

În cazul întreruptoarelor cu reanclanşare automată, se va ţine seama de eventuala scădere a puterii de rupere în cursul ciclului de funcţionare.

13.3.7. Curentul întrerupt şi tensiunea de restabilire depind de **intervalul de timp dintre începutul scurtcircuitului şi momentul separării contactelor.** Acest interval include o eventuală temporizare intenţionată, obţinută cu ajutorul releelor.

Pentru a ţine seama de eventualitatea unei declanşări rapide datorită nefuncţionării sistemului de temporizare, se recomandă să se ia în considerare numai următoarele durate :

— pentru o singură operaţie de declanşare, durata de deschidere a întreruptorului ;

— pentru o operaţie de anclanşare urmată de o operaţie de declanşare, durata de stabilire-deschidere a întreruptorului.

În cazul întreruptoarelor la care declanşarea se face printr-o sursă de energie auxiliară, timpii menţionaţi se vor majora cu 0,01 s, pentru a ţine seama de o durată minimă de funcţionare a releelor. Această majorare nu trebuie făcută la întreruptoarele declanşate chiar de curentul de scurtcircuit, fără sursă de energie auxiliară (cazul releelor primare directe).

14. SISTEMUL DE ACŢIONARE

14.1. Principiul de acţionare

14.1.1. Întreruptoarele vor fi prevăzute de regulă cu dispozitive de acţionare mecanice.

Dispozitivele de anclanşare manuale cu funcţiuni operative se admit numai în cazuri excepţionale, la întreruptoare cu tensiuni şi capacităţi de închidere reduse.

Chiar în astfel de cazuri se va adopta închiderea independentă, la care viteza de închidere a întreruptorului nu depinde de viteza şi de forţa de acţionare.

Anclanşarea manuală dependentă, la care viteza de închidere a întreruptorului depinde de operator, va fi evitată sau folosită numai la tensiuni şi capacităţi de închidere reduse (curenţi stabiliţi pînă la 10 kA şi puteri de scurtcircuit pînă la 100 MVA la 6,10 şi 20 kV).

14.1.2. Un întreruptor anclanşat trebuie să posede în toate cazurile în el însuşi sau în dispozitivul de acţionare o energie suficientă pentru realizarea declanşării, fără a se utiliza altă energie exterioară decît cea necesară pentru funcţionarea declanşatoarelor, adică a acelor dispozitive care eliberează energia pentru anclanşare sau declanşare (bobine de acţionare, electrovalve etc.) şi a releelor.

În cazul particular în care stingerea arcului se face cu aer comprimat, condiţia de mai sus este considerată îndeplinită dacă întreruptorul posedă un rezervor individual de aer comprimat şi un dispozitiv de blocare, care să împiedice declanşarea dacă presiunea în rezervor este insuficientă.

14.1.3. Acţionarea neoperativă (circuitul primar nefiind sub tensiune) la montaj, verificare sau în caz de avarie a circuitelor de alimentare (electrice sau cu aer comprimat) trebuie să fie totdeauna posibilă.

14.2. Ciclul de funcţionare

14.2.1. Dispozitivul de acţionare trebuie să poată asigura ciclul de funcţionare pentru care este garantat întreruptorul.

14.2.2. În cazul dispozitivelor de acţionare cu acumulare de energie, acumularea trebuie să fie suficientă pentru a realiza în bune condiţii ciclul de funcţionare.

14.3. Comanda anclanşării şi a declanşării

14.3.1. La dispozitivele de acţionare cu resort, comanda armării resortului (resorturilor) trebuie să se facă electric, voit (de la distanţă şi de la faţa locului), dar de preferinţă automat (imediat după destinderea resorturilor prin declanşare).

La dispozitivele de acţionare cu fluide sub presiune, comanda pornirii şi a opririi compresorului trebuie să se facă automat.

14.3.2. Comanda declanşării de la faţa locului trebuie să fie totdeauna posibilă.

14.4. Tensiunile nominale

14.4.1. Alimentarea motoarelor pentru armarea resorturilor (în cazul dispozitivelor de acţionare cu resort) sau a motoarelor compresoarelor (în cazul dispozitivelor de acţionare cu fluide sub presiune) se va face de preferinţă în curent alternativ, la următoarele tensiuni nominale :

— curent alternativ monofazat de 220 V ;

— curent alternativ trifazat de 380 V.

Motoarele trebuie să funcţioneze bine la tensiuni de alimentare cuprinse între 85 şi 110% din valoarea nominală şi la frecvenţe cuprinse între 90 şi 105% din valoarea nominală.

14.4.2. La dispozitivele de acţionare electromagnetice, alimentarea bobinei de anclanşare trebuie să se facă în curent continuu la tensiunea de 110 sau de 220 V.

Dispozitivele trebuie să funcţioneze bine la tensiuni de alimentare cuprinse între 85 şi 110% din valoarea nominală.

14.4.3. Declanşatoarele de închidere şi de deschidere, adică acele dispozitive care eliberează energia pentru anclanşare sau declanşare (electromagnet de declichetare, electrovalve), trebuie să fie alimentate în curent continuu la următoarele tensiuni nominale : 24, 28, 110 şi 220 V.

Conform STAS 4195-70, declanşatoarele trebuie să funcţioneze bine la tensiuni de alimentare cuprinse între următoarele limite (procente din valoarea nominală) :

— declanşatoare de închidere : 85 şi 110% ;

— declanşatoare de deschidere : 70 şi 115%.

14.5. Presiunile nominale ale aerului comprimat

14.5.1. Presiunea nominală a aerului comprimat, în cazul întreruptoarelor care utilizează acest mijloc pentru stingerea arcului sau pentru acţionare, trebuie coordonată în principiu

cu cea a aerului comprimat necesar pentru acţionarea altor aparate sau pentru alte scopuri. Se va căuta reducerea la minimum a numărului de presiuni nominale diferite, existente într-o centrală sau staţie.

14.5.2. Limitele de variaţie admisibile ale presiunii de alimentare se stabilesc în principiu de către întreprinderea constructoare.

Se va acorda atenţie coordonării acestor limite admisibile în cazul distribuţiilor de aer comprimat care servesc mai multor scopuri sau alimentează aparate de tipuri diferite.

14.6. Circuitele auxiliare

14.6.1. Circuitele auxiliare ale întreruptoarelor trebuie să reziste timp de 1 min. la încercarea cu tensiune de frecvenţă industrială, avînd următoarele valori eficace :

— între diferitele circuite şi între circuite şi masă (încercare cu frecvenţa de 50 Hz) : 2 000 V ;

— între spirele bobinelor de curent alternativ (încercarea cu frecvenţă de 100—150 Hz) : 3,5 U_n (V) ;

— între spirele bobinelor de curent continuu (încercare cu frecvenţa de 100—150 Hz) : 2,5 U_n (V), în care U_n este tensiunea nominală a circuitelor auxiliare.

14.6.2. Consumul declanşatoarelor de închidere şi de deschidere trebuie să fie cît mai redus. El trebuie să fie corelat cu capacitatea de închidere a contactelor aparatelor de comandă (comutatoare sau butoane de comandă, relee intermediare, relee de protecţie).

14.6.3. Se recomandă ca dispozitivul de acţionare să posede contacte de blocaj împotriva anclanşărilor repetate (pompaj).

În locul blocajului electric împotriva anclanşărilor repetate, se admit blocaje mecanice sau pneumatice cu funcţionare sigură. În caz extrem se poate realiza un blocaj printr-un releu intermediar, separat de întreruptor, conectat de preferinţă astfel, încît să nu lungească timpul de declanşare.

15. DIVERSELE DURATE DE FUNCŢIONARE

15.1. Durata de deschidere (denumită în STAS 3686-74 timp propriu de deschidere, iar în STAS 5081-73 întîrziere de declanşare) se defineşte în funcţie de modul de declanşare a întreruptorului (fig. 5) :

a) Dacă declanşarea se face printr-o sursă de energie auxiliară : intervalul de timp dintre momentul aplicării sursei de energie auxiliare asupra dispozitivului de declanşare al tuturor polilor (întreruptorul fiind anclanşat) şi momentul separării contactelor la toţi polii.

b) Dacă declanşarea se face cu ajutorul curentului de scurtcircuit, fără o sursă de energie auxiliară : intervalul de timp dintre momentul în care curentul de scurtcircuit este stabilit în toate fazele (întreruptorul fiind anclanşat) şi momentul separării contactelor la toţi polii.

În ambele cazuri se consideră că eventualele dispozitive de temporizare care fac parte integrantă din întreruptor sînt reglate la timpul minim sau, dacă este posibil, sînt scoase complet din funcţiune.

La întreruptoarele cu rezistenţe sau condensatoare intercalate în paralel, durata de deschidere se defineşte pînă la separarea contactelor principale.

15.2. Durata de rupere (denumită în STAS 3686-74 timp de deschidere, iar în STAS 5081-73 durata de declanşare electrică) se defineşte la fel ca durata de deschidere, dar pînă în momentul stingerii arcului la toţi polii după deschiderea tuturor contactelor.

Durata de rupere intră în componenţa timpului de declanşare totală. Întrucît se doreşte în general ca acest timp să fie cît mai redus, durata de rupere trebuie să fie în principiu cît mai mică. Se recomandă următoarele valori informative :

— întreruptoare pentru reţele cu tensiunea nominală $\leqslant$35 kV : $\leqslant$0,15 s ;

— întreruptoare pentru reţele cu tensiunea nominală $>$35 kV : $\leqslant$0,08 s.

15.3. Timpul de declanşare total este intervalul de timp dintre momentul în care curentul de scurtcircuit este stabilit în toate fazele (întreruptorul fiind anclanşat) şi momentul stingerii arcului la toţi polii.

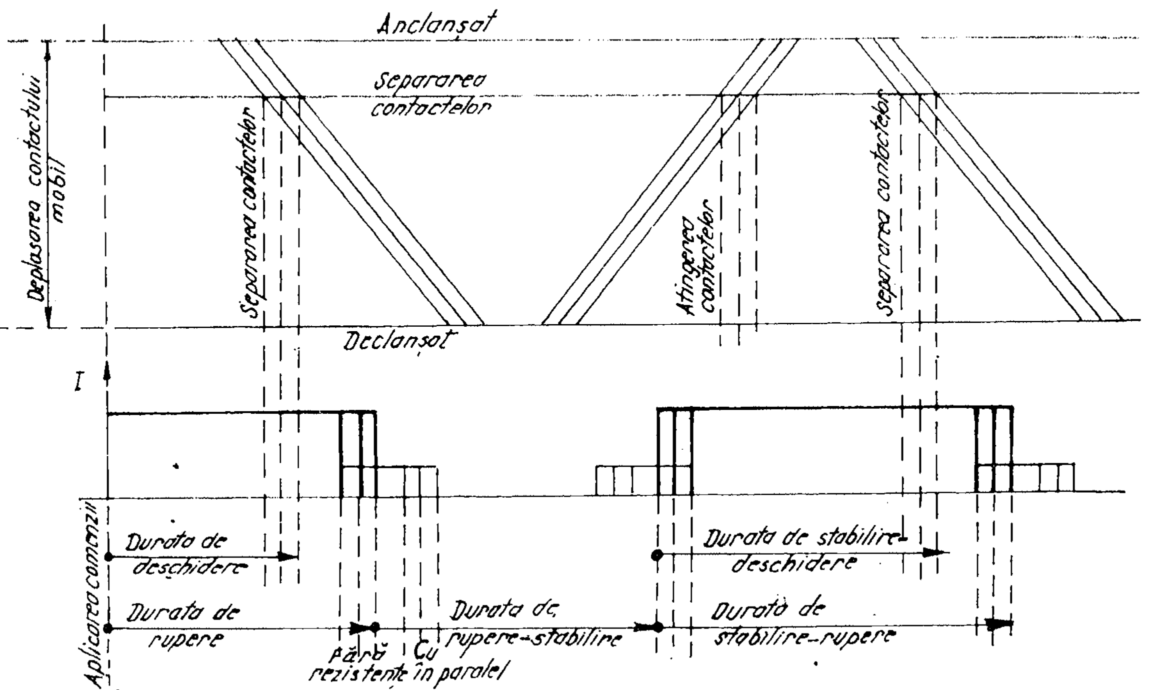


Fig. 5. Definirea duratelor de funcționare.

La întreruptoarele cu rezistență sau condensatoarele intercalate în paralel, timpul de declanșare total se definește pînă la separarea contactelor principale.

Cuprinde timpul funcționării releelor (în cazul declanșării printr-o sursă de energie auxiliară), temporizarea voită și durata de rupere.

Timpul de declanșare reprezintă intervalul de timp în care instalațiile sînt parcurse de curentul de defect și determină stabilitatea termică necesară a întreruptorului și a celorlalte elemente.

La ciclurile cu reanclanșare automată, timpul de declanșare total poate fi diferit la diversele declanșări. El nu poate fi mai mic decît durata de stabilire-rupere.

15.4. Durata de stabilire-deschidere este o mărime care intervine în cursul operațiilor de închidere-deschidere (ID) ale ciclului de funcționare. Ea se definește ca intervalul de timp dintre momentul stabilirii curentului de scurtcircuit și momentul separării contactelor la toți polii.

Dacă declanșarea se face printr-o sursă de energie auxiliară, se consideră că aplicarea acestei surse asupra dispozitivului de declanșare al tuturor polilor se face în momentul stabilirii curentului de scurtcircuit.

De asemenea, se consideră în toate cazurile că eventualele dispozitive de temporizare care fac parte integrantă din întreruptor sînt reglate la timpul minim sau, dacă este posibil, sînt scoase complet din funcțiune.

La întreruptoarele cu rezistențe sau condensatoare intercalate în paralel, definiția se referă la stabilirea curentului prin contactele principale și la separarea acestora.

15.5. Durata de stabilire-rupere se definește la fel ca durata de stabilire-deschidere, dar pînă în momentul stingerii arcului la toți polii.

16. STABILITATEA TERMICĂ

16.1. Pentru verificarea stabilității termice, sînt determinante curentul de scurtcircuit trifazat, bifazat sau monofazat, precum și punctul de defect, care conduc la solicitarea termică maximă.

◆ **16.2.** Curentul echivalent I_m al scurtcircuitului se determină conform instrucțiunii pentru verificarea la stabilitate termică și electrodinamică a instalațiilor electrice din centrale și stații PE 103.

16.3. Curentul-limită de stabilitate termică de 1 s (I_{lt}) al întreruptorului este indicat de întreprinderea constructoare.

Dacă în loc de I_{lt} este indicat în prospect curentul de stabilitate termică I'_t, pentru o durată de timp t diferită de 1 s, în lipsa altor indicații se poate folosi relația:

$$I_{lt} = I'_t \sqrt{t}.$$

În absența oricăror indicații, se consideră curentul de stabilitate termică de 1 s egal cu curentul de rupere simetric nominal (la tensiunea de restabilire la care aceasta din urmă are valoarea cea mai mare).

16.4. Întreruptorul este stabil termic dacă este îndeplinită condiția :

$$I_m \leqslant I_{lt}$$

17. STABILITATEA ELECTRODINAMICĂ

17.1. Pentru verificarea stabilității electrodinamice a întreruptoarelor din circuitele trifazate este determinant curentul de scurtcircuit trifazat.

17.2. Curentul de stabilitate electrodinamică I_d al întreruptorului este indicat de întreprinderea constructoare.

În lipsa acestei indicații, se consideră curentul de stabilitate electrodinamică egal cu capacitatea de închidere nominală (la tensiunea dinaintea anclanșării, la care capacitatea de închidere nominală are valoarea cea mai mare).

17.3. Întreruptorul este stabil electrodinamic dacă pentru fiecare pol este îndeplinită condiția :

$$i_ș \leqslant I_d,$$

unde :

$i_ș$ este amplitudinea curentului de scurtcircuit de șoc.

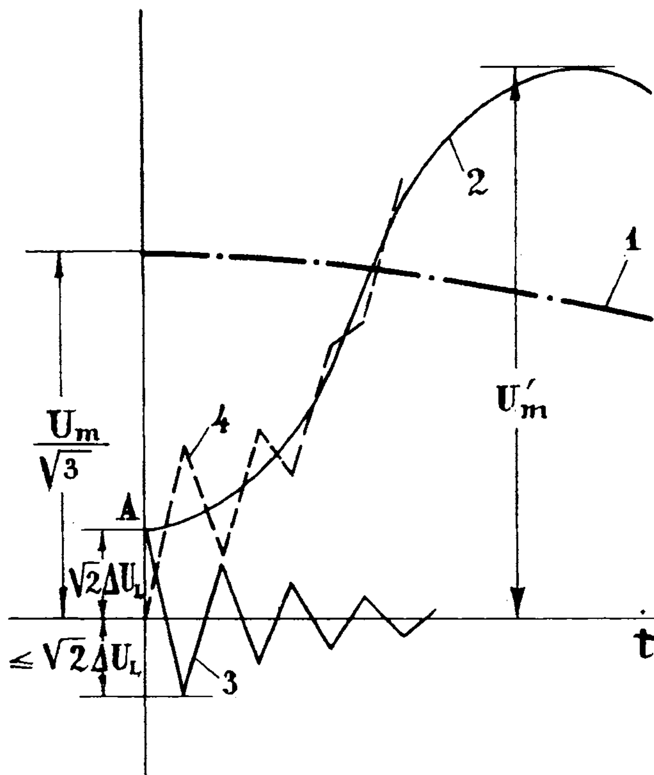


Fig. 6. Tensiunea tranzitorie de restabilire la întreruperea unui defect de linie:

1 — tensiunea de restabilire la frecvența rețelei (pe fază) ; 2 — tensiunea de restabilire în circuitul amonte ; 3 — tensiunea tranzitorie de restabilire în circuitul aval ; 4 — tensiunea tranzitorie de restabilire între bornele polului.

18. COMPORTAREA LA DEFECT PE LINIE (DEFECT KILOMETRIC)

18.1. Pentru întreruptoarele tripolare prevăzute a fi legate direct la liniile electrice aeriene, avînd tensiunea maximă de lucru egală cu 72,5 kV și mai mare și o capacitate de rupere

nominală la scurtcircuit mai mare decît 12,5 kA, se impun caracteristici aparte pentru defectul kilometric. Aceste caracteristici se referă, la deconectarea unui defect monofazat la pămînt într-o rețea cu neutrul legat efectiv la pămînt.

18.2. Pentru întreruptoarele ce funcționează în rețele cu neutrul izolat, defectul monofazat la pămînt nu reprezintă condiții de defect kilometric.

Circuitul cuprinzînd un defect kilometric se compune, pe de o parte, dintr-un circuit de alimentare în amonte de întreruptor, iar, pe de altă parte, dintr-o sarcină formată dintr-o linie scurtă.

18.3. Alegerea întreruptorului se poate face :

a) Prin determinarea tensiunii tranzitorii de restabilire produsă efectiv în rețea — la un defect pe linie în punctul cel mai favorabil — și compararea ei cu cea de referință (fig. 6).

b) Numai pe baza tensiunii tranzitorii de restabilire de referință, considerînd că cea produsă realmente în rețea nu va impune întreruptorului condiții de funcționare mai severe decît cele de încercare. În acest caz este necesară stabilirea unor condiții de încercare corespunzătoare majorității punctelor din rețea, în care se montează întreruptoare de tensiunea respectivă.

18.4. Condițiile de încercare a întreruptorului la defect pe linie se vor stabili de comun acord cu întreprinderea constructoare.

19. COMPORTAREA LA ÎNTRERUPEREA CURENȚILOR TRANSFORMATOARELOR ÎN GOL

19.1. Verificarea comportării întreruptoarelor la întreruperea curenților transformatoarelor în gol are ca scop asigurarea în funcționare a unor supratensiuni produse la întrerupere suficient de mici, pentru a nu pune în pericol întreruptorul, celelalte elemente și funcționarea corectă a rețelei (fig. 7).

19.2. Încercările trebuie să se facă asupra unor transformatoare similare cu cele care vor exista realmente în rețea.

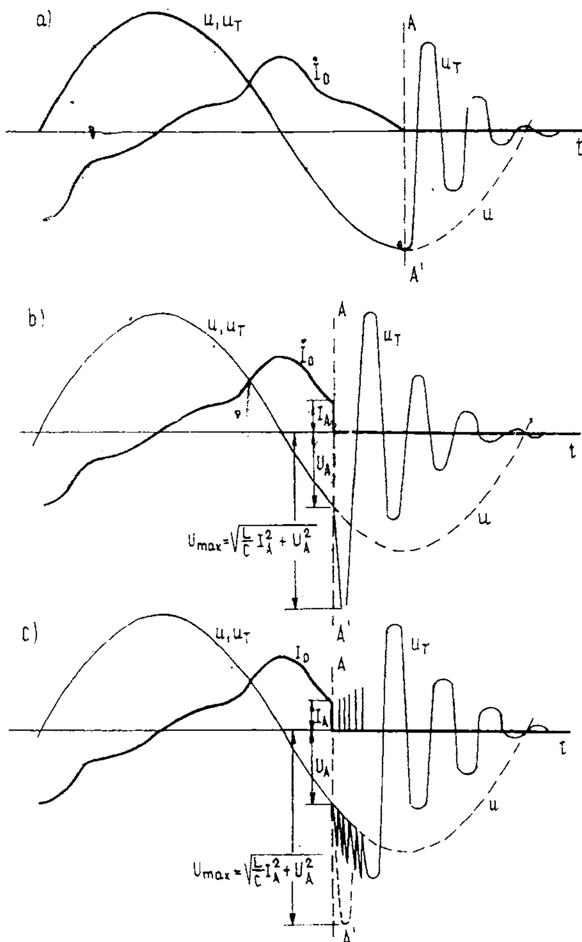


Fig. 7. Întreruperea curenților de mers în gol ai transformatoarelor:

a) întreruperea în momentul trecerii naturale a curentului prin zero ; b) tăierea curentului înaintea trecerii naturale prin zero, fără reaprinderea arcului ; c) tăierea curentului înaintea trecerii naturale prin zero, cu reaprinderea repetată a arcului ; AA' — momentul întreruperii curentului ; U — tensiunea rețelei ; U_T — tensiunea la bornele transformatorului ; I_0 — curentul de mers în gol al transformatorului ; L — inductanța transformatorului ; C — capacitatea transformatorului.

19.3. Verificările necesită, în general, o convenție specială cu întreprinderea constructoare, iar condițiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu aceasta.

19.4. Valorile maxime ale supratensiunilor de comutație admise se stabilesc în legătură cu coordonarea izolației.

19.5. Declanșarea motoarelor de înaltă tensiune poate fi încadrată, în general, tot în categoria întreruperii micilor curenți inductivi.

20. COMPORTAREA LA CONECTAREA ŞI DECONECTAREA LINIILOR AERIENE ÎN GOL

20.1. Verificarea comportării întreruptoarelor la deconectarea liniilor aeriene în gol are drept scop asigurarea în funcționare a unor supratensiuni produse la întrerupere suficient de mici pentru a nu pune în pericol întreruptorul, celelalte elemente și funcționarea corectă a rețelei.

20.2. Verificarea necesită în general o convenție specială cu întreprinderea constructoare.

20.3. Verificarea se recomandă la întreruptoarele care se montează în rețelele cu tensiunea nominală de 110 kV sau mai mare, pentru conectarea și deconectarea liniilor aeriene sau a unor cabluri scurte în serie cu linii aeriene.

Cablurile sînt considerate scurte dacă curentul lor respectiv total nu depășește 20% din cel al liniei aeriene în gol. Acest procent se reduce la 10% atunci cînd cablul este conectat direct la întreruptor sau se găsește în vecinătatea acestuia.

20.4. Se recomandă executarea încercărilor direct în rețea.

Conectarea în paralel a unor linii în gol, în vederea măririi curentului capacitiv, va fi pe cît posibil evitată.

20.5. Condițiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu întreprinderea constructoare.

20.6. Curentul de rupere simetric nominal în cazul liniilor în gol este indicat de întreprinderea constructoare sau stabilit pe baza unei convenții cu aceasta.

CEI recomandă valorile din tabelul 2.

Pentru linii aeriene cu un singur conductor pe fază şi la frecvenţa de 50 Hz, valorile din tabelul 2 implică o lungime a liniei aproximativ egală cu 1,2 tensiunea nominală a întreruptorului (kV).

Valorile indicate de întreprinderea constructoare sînt valabile în condiţiile de referinţă specificate de ea.

Tabelul 2

Tensiunea nominală, kV	Capacitatea de rupere nominală pentru linii în gol, A
(72,5)	10
123	31,5
245	125
420	400

20.7. Supratensiunile de comutaţie în condiţiile de referinţă, atît pe partea amonte, cît şi pe partea aval a întreruptorului, vor fi indicate de întreprinderea constructoare.

Valorile maxime admise se stabilesc în legătură cu coordonarea izolaţiei.

20.8. Întreruptoarele trebuie să poată închide circuitele pe care le pot declanşa.

21. COMPORTAREA LA CONECTAREA ŞI DECONECTAREA CABLURILOR ÎN GOL

21.1. Verificarea comportării întreruptoarelor la deconectarea cablurilor în gol are drept scop asigurarea în funcţionare a unor supratensiuni produse la întrerupere suficient de mici pentru a nu pune în pericol întreruptorul, celelalte elemente şi funcţionarea corectă a reţelei (fig. 8).

21.2. Verificarea necesită în general o convenţie specială cu întreprinderea constructoare.

21.3. Verificarea se recomandă la întreruptoarele care conectează şi deconectează cabluri, ale căror curenţi capacitivi în gol au valori apropiate de cele menţionate la pct. 21.6.

21.4. Aceste recomandări sînt valabile şi pentru cablurile în serie cu linii aeriene scurte.

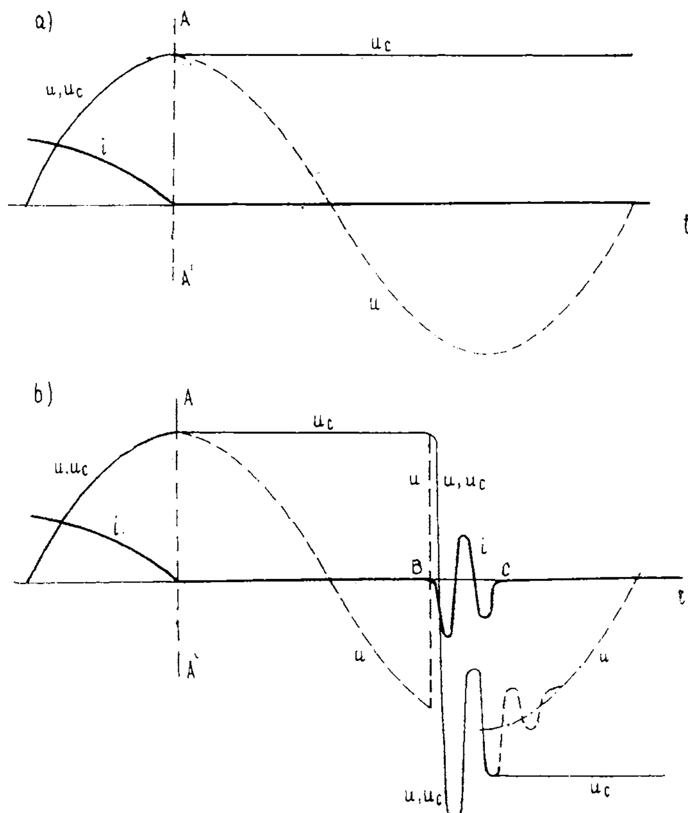


Fig. 8. Întreruperea curenţilor capacitivi :
a — fără reaprindere; b — cu reaprinderea arcului; AA_0 — momentul întreruperii curentului; B — momentul reaprinderii arcului; C — momentul întreruperii curentului după reaprinderea arcului; U — tensiunea reţelei (la bornele amonte ale întreruptorului; U_C — tensiunea aplicată capacităţii (la bornele aval ale întreruptorului); i — curentul capacitiv.

O linie aeriană se consideră scurtă dacă curentul său reactiv nu depășește 1% din curentul reactiv al cablului.

21.5. Condițiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu întreprinderea constructoare.

21.6. Curentul de rupere simetric nominal la tensiunea nominală cea mai ridicată a întreruptorului sau la tensiunea maximă de lucru, în cazul cablurilor în gol, este indicat de întreprinderea constructoare sau este stabilit pe baza unei convenții cu aceasta.

Pentru rețelele cu neutrul legat direct la pămînt și la care cablurile posedă pe fiecare fază cîte un ecran legat la pămînt STAS 3686/1-74 recomandă valorile din tabelul 3.

În cazul unor curenți mai mari este necesar un acord cu întreprinderea constructoare. Valorile indicate de întreprinderea constructoare sînt valabile în condițiile de referință specificate de ea.

21.7. Supratensiunile de comutație în condițiile de referință, atît pe partea amonte, cît și pe partea aval a întreruptorului, vor fi indicate de întreprinderea constructoare.

Valorile maxime admise se stabilesc în legătură cu coordonarea izolației.

21.8. Întreruptoarele trebuie să poată închide circuitele pe care le pot declanșa.

22. COMPORTAREA LA CONECTAREA ȘI DECONECTAREA BATERIILOR DE CONDENSATOARE ÎN DERIVAȚIE

22.1. Verificarea comportării întreruptoarelor la conectarea și deconectarea bateriilor de condensatoare în derivație are drept scop ca în funcționare să se asigure faptul că supratensiunile de comutație sînt suficient de mici pentru a nu pune în pericol întreruptorul, bateria, celelalte elemente și funcționarea corectă a rețelei, precum și faptul că valoarea curentului de apel nu pune în pericol întreruptorul.

Curentul de apel este curentul care ia naștere pentru un scurt timp la punerea sub tensiune a unei baterii de condensatoare.

22.2. Verificarea necesită o convenţie specială cu întreprinderea constructoare.

22.3. Condiţiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu întreprinderea constructoare.

Tabelul 3

Tensiunea nominală, kV	Capacitatea de rupere nominală (pentru cabluri în gol), A
36	50
72,5	125
123	140
245	250
420	400

Este necesară o deosebită atenţie în situaţia existenţei altor baterii de condensatoare în paralel în apropiere, în cazul bateriilor în trepte, precum şi pentru situaţii de defect în reţea sau la bateria de condensatoare.

22.4. Curentul de rupere simetric nominal şi capacitatea de închidere nominală la tensiunea nominală cea mai ridicată a întreruptorului sau la tensiunea maximă de lucru, în cazul alimentării bateriilor de condensatoare, sînt indicate de întreprinderea constructoare sau stabilite pe baza unei convenţii cu aceasta.

22.5. Supratensiunile de comutaţie în condiţiile de referinţă vor fi indicate de întreprinderea constructoare. Ele trebuie să cuprindă valorile în raport cu pămîntul, măsurate la bornele întreruptorului, pe partea bateriei şi pe partea alimentării, precum şi, dacă nici o parte a bateriei nu este legată la pămînt, valorile între bornele bateriei şi punctul neutru al acesteia (la bateriile legate în triunghi, valorile între bornele baterie).

Valorile maxime admise se stabilesc în legătură cu coordonarea izolaţiei.

22.6. Întreruptoarele trebuie să poată închide circuitele pe care le pot declanşa.

23. COMPORTAREA LA DEFECTUL CONSECUTIV (DEFECTUL EVOLUTIV)

23.1. Supratensiunile produse la întreruperea micilor curenţi inductivi sau capacitivi pot produce defecte în reţea, conducînd la scurtcircuite nete, care provoacă reaprinderea arcului în întreruptor. Acest tip de defect denumit consecutiv sau evolutiv, poate pune în pericol întreruptorul.

23.2. Verificarea comportării întreruptoarelor la defectul evolutiv are drept scop asigurarea în funcţionare a posibilităţii de întrerupere a acestor defecte în bune condiţii.

Verificarea nu este necesară decît dacă se constată, la încercările privitoare la deconectarea transformatoarelor în gol, a liniilor aeriene în gol sau a cablurilor în gol, că supratensiunile produse depăşesc anumite valori-limită, putînd provoca conturnări sau străpungeri. Aceste valori-limită se stabilesc în legătură cu coordonarea izolaţiei.

23.3. Verificarea necesită în general o convenţie specială cu întreprinderea constructoare.

23.4. Condiţiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu întreprinderea constructoare.

23.5. Curentul de rupere simetric nominal în condiţiile defectului consecutiv este indicat de întreprinderea constructoare sau stabilit pe baza unei convenţii cu aceasta.

24. COMPORTAREA ÎN CAZUL OPOZIŢIEI DE FAZĂ

24.1. Verificarea comportării întreruptoarelor la declanşare sau anclanşare în cazul opoziţiei de fază are drept scop ca în funcţionare să se asigure faptul că ele pot executa aceste operaţii în bune condiţii.

24.2. Verificarea necesită în general o convenţie specială cu întreprinderea constructoare.

24.3. Verificarea se recomandă la întreruptoarele care se montează în reţele cu tensiunea nominală de 110 kV sau mai

mare, în special în acele puncte ale sistemului energetic în care este posibilă pierderea sincronismului.

24.4. Condiţiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu întreprinderea constructoare.

25. COMPORTAREA LA DUBLA PUNERE LA PĂMÎNT

25.1. Verificarea comportării întreruptoarelor la declanşare în cazul unei duble puneri la pămînt (de o parte şi de alta a întreruptorului) are drept scop ca, în funcţionare, să se asigure faptul că ele pot executa această operaţie în bune condiţii.

25.2. Verificarea necesită în general o convenţie specială cu întreprinderea constructoare.

25.3. Verificarea se recomandă în cazul reţelelor cu neutrul nelegat direct la pămînt, de lungimi mari, care continuă să funcţioneze timp îndelungat cu un defect pe o fază şi la care din diverse motive este de prevăzut o frecvenţă relativ mare a defectelor.

25.4. Condiţiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu întreprinderea constructoare.

26. COMPORTAREA ÎN DOMENIUL CURENŢILOR CRITICI

26.1. Se numeşte domeniu critic acel domeniu al curenţilor întrerupţi în care stingerea arcului se face într-un timp considerabil mai lung decît în cazul curentului de rupere nominal.

26.2. Întreprinderea constructoare trebuie să furnizeze informaţii asupra existenţei şi întinderii domeniului critic.

26.3. Încercarea puterii de rupere trebuie să se facă şi la valori ale curentului întrerupt situate în domeniul critic.

27. COMPORTAREA LA ÎNTRERUPEREA CURENȚILOR MICI

27.1. La unele tipuri de întreruptoare, cum sînt cele cu suflaj magnetic, întreruperea curenților mici (de sarcină sau de scurtcircuit) este dificilă. Sînt necesare în acest scop dispozitive speciale.

Întreprinderea trebuie să furnizeze informații asupra comportării întreruptorului în aceste cazuri.

27.2. Încercarea puterii de rupere trebuie să se facă și la valori mici ale curentului întrerupt.

28. DETALII CONSTRUCTIVE

Aceste detalii ale întreruptorului trebuie luate în considerare în legătură cu dispoziția constructivă a instalațiilor. Se va ține seama de gabarit, de sistemul de fixare, de problemele de transport și de montare, de perimetrul de securitate (necesar pentru evacuarea în exterior a gazelor ionizate sau a flăcărilor), de poziția dispozitivelor de acționare, de sarcinile statice și dinamice asupra părții de construcție, de tipul bornelor și de eforturile admisibile.

29. CONDIȚIILE DE ÎNTREȚINERE ȘI DE EXPLOATARE

Problemele prezintă o mare importanță. Întreruptorul trebuie să poată efectua între două revizii un număr suficient de mare de manevre în sarcină sau la scurtcircuit.

Conform prescripțiilor germane VDE verificarea întreruptoarelor este necesară în următoarele cazuri :

— după anumite evenimente excepționale (întreruperea unor curenți mari de scurtcircuit) ;

— după circa 500—1 000 de manevre duble (anclanşare + declanşare sau invers) ;

— după un timp de funcţionare de circa trei ani.

Standardele franceze admit că pentru a putea contabiliza manevrele în exploatare fiecare întrerupere a unui curent I este echivalentă cu un număr n de declanşări în gol dat de relaţia :

$$n=300\left(\frac{I}{I_{prn}}\right)^{1,5}$$

Manevrele de declanşare nu se contabilizează. Se indică necesitatea unei revizii atunci cînd numărul valorilor n contabilizate atinge 900, adică după trei declanşări la curentul de rupere simetric nominal.

Acest număr poate fi mai mic în cazul existenţei reanclanşării automate.

În realitate firmele constructoare garantează comportări mai favorabile.

Trebuie să se ţină seama, de asemenea, de posibilitatea de procurare în decursul exploatării a mediului de stingere necesar (ulei, hexafluorură de sulf) cu calităţi excepţionale.

30. ZGOMOTUL ÎN TIMPUL FUNCŢIONĂRII

Zgomotul produs de întreruptoare în timpul funcţionării poate deveni supărător atît pentru personalul de deservire, cît şi pentru persoanele care lucrează sau locuiesc în vecinătatea instalaţiei electrice.

Faptul este dezavantajos în special la instalaţiile cu multe întreruptoare sau cu întreruptoare care se manevrează des, precum şi la întreruptoarele de foarte înaltă tensiune, care produc un zgomot puternic la acţionare.

Unele întreprinderi constructoare au început fabricarea întreruptoarelor moderne, cu zgomot redus. Se recomandă utilizarea lor.

Anexa 1 a

Valorile tensiunii tranzitorii de restabilire nominale a întreruptoarelor

Tensiune medie

Tensiunea nominală U_n, kV	Valoarea de vîrf a TTR U_c, kV	Timpul t_3, μs	Întîrzierea t_d, μs	Tensiunea u', kV	Timpul t', μs	Viteza de creștere U_c t_3, kV/μs
(3,6)	6,2	40	6	2,06	19,4	0,154
7,2	12,4	52	7,8	4,1	25	0,231
12	20,6	60	9	6,9	29	0,345
(17,5)	30	72	10,8	10	35	0,415
24	41	88	13,2	13,8	42,5	0,47
(30)	în studiu	în studiu	în studiu	în studiu	în studiu	în studiu
(36)	62	108	16,2	20,6	52	0,57
(42)	în studiu	în studiu	în studiu	în studiu	în studiu	în studiu
(72,5)	124	168	8,4	41,5	64	0,74

Tensiune înaltă

Tensiunea nominală U_n, kV	Tensiunea U_1, kV	Timpul t_1, μs	Valoarea de vîrf a TTR U_c, kV	Timpul t_2, μs	Întîrzierea t_d, μs	Tensiunea u', kV	Timpul t', μs	Viteza de creștere U_1/t_1, kV/μs
123	130	130	182	390	2,6	65	68	1
245	260	260	365	780	5,2	130	136	1
420	445	445	620	1340	8,9	222	232	1
123	150	150	210	450	3,0	75	78	1
245	300	300	420	900	6,0	150	156	1
420	510	510	720	1540	10,2	255	265	1

Anexa 1 b

Nivelul de izolaţie nominal al întreruptoarelor de înaltă tensiune

Medie tensiune

Tensiunea nominală, kV (ef)	Tensiunea de ţinere la impuls normalizat pozitiv şi negativ, kV (vîrf)	Tensiunea de ţinere 1 minut la frecvenţă industrială, kV (ef)
(3,5)	45	21
7,2	50	27
12	75	35
17,5	95	45
24	125	55
(30)	160	65
(36)	170	75
(42)	195	85
(72,5)	325	140

Înaltă tensiune

Tensiunea nominală, kV (ef)	Tensiunea de ţinere la impuls normalizat pozitiv şi negativ, kV (vîrf)		Tensiunea de ţinere 1 minut la frecvenţă industrială, kV (ef)	
	Izolaţie plină	Izolaţie redusă	Izolaţie plină	Izolaţie redusă
123	550	450	230	185
245	1050	900	460	395

Anexa 1 c

Comparaţie tehnică între tipurile de întreruptoare cele mai răspîndite

Criteriul de comparaţie	Ulei puţin	Aer comprimat	SF_6
Comportarea la defectul pe linii (kilometric)	×	—	×
Comportarea la întreruperea micilor curenţi inductivi	×	—	×
Comportarea la întreruperea curenţilor capacitivi	—	×	×
Comportarea la defectul consecutiv (evolutiv)	—	×	×
Posibilitatea de folosire a sistemului baukasten	×	×	×

Anexa 2

ÎNTRERUPTOARE — BREVIAR

CENTRALA sau STAȚIA...............

CIRCUITUL Celulă de linie 220 kV — ÎNTRERUPTOR TIP 10-220

Caracteristici			Unitatea de măsură	Valori		Observații
				Necesare	Garantate	
1			2	3	4	5
Condițiile de utilizare	Altitudinea		m	700	1000	
	Tipul		—	Ex	Ex	
	Tempe-ratura	Maximă absolută	°C	+36	+40	
		Medie (24 ore) max.	°C	+32	+35	
		Minimă absolută	°C	—28	—30	
	Umiditatea relativă		%	100	100	
	Stratul de gheață		kg/m^2	1,8	5	
	Presiunea vîntului		N/m^2	400	700	
Principiul (mediul) de stingere			—	—	Ulei puțin	
Numărul de poli			—	3	3	Monopolar
Frecvența			Hz	50	50	
Tensiunile			kV	245	245	
Nivelul de izolație	Unde de impuls		kV	460	460	
	Frecvență industrială		kV	1050	1050	
	Lungimea liniei de conturare		cm/kV	2,3	2,3	
Curentul nominal			A	1200	1600	

Ciclul de funcționare	Protecția de bază		—	D-t-ID-t′-ID	D-t-ID-t′-ID	
	Protecția de rezervă		—	—	—	
Capacitatea de deconectare	Curent simetric		kA	31,5	31,5	
	Putere simetrică		MVA	9500	12000	
	Tensiunea de restabilire	U_r	kV	245	245	
		U'_r	—	1,3 U_r	1,3 U_r	
	Tensiunea tranzitorie de restabilire	K	—	1,3	1,4	
		f'_1	kHz	—	0,4	
		$f'_{0,6}$	kHz	—	20	
		V	V/μs	600	770	
Capacitatea de conectare			kA	65	80	
Dispozitivul de acționare	Motorul electric	Tensiunea	V	220/380	220/380	Curent alternativ
		Limite tensiune	%	85—110	85—110	
		Puterea	VA	—	1,5	
	Declanșator închidere	Tensiunea	V	220	220	Curent continuu
		Limite tensiune	%	85—110	85—110	
		Puterea	W	—	300	
	Declanșator deschidere	Tensiunea	V	220	220	Curent continuu
		Limite tensiune	%	70—110	70—110	
		Puterea	W	—	500	

1			2	3	4	5
Durata de funcționare	Deschiderea		s	—	0,05	
	Ruperea		s	—	0,07	
	Timpul de declanșare total	Protecția de bază	s	0,2	—	
		Protecția de rezervă	s	1,2	—	
	Stabilire-deschidere		s	—	0,05	
	Stabilire-rupere		s	—	—	
	Rupere-stabilire		s	—	—	
	Timp de pauză	t (t′)	s	180	—	
		t″	s	15	—	
	Simultaneitatea		s	0,001	0,001	
Greutatea	Totală *		kg	—	4170	Monopolar
	Ulei		kg	—	412	
	Dispozitiv de acționare **		kg	—	500	
Stabilitatea termică	I_k''		kA	31,5	—	
	I_k		kA	31,5	—	
	I_k''/I_k		—	1	—	
	R/X		—	0,075	—	
	X		—	1,8	—	
	Protecția de bază	m	—	0	—	
		n	—	1	—	
		Imt (I_1t)	kA	31,5	60	

	Protecția de rezervă	m	—	0	—	
		n	—	1	—	
		Imt (I_1t)	kA	44,5	60	
Stabilitatea electrodinamică			kA	61,6	80	
Comportarea la defect pe linie (defect kilometric)		Z_u	Ω	—	—	
Comportarea la întreruperea curenților transformatoarelor în gol		I_0	A	—	—	
Comportarea la conectarea și deconectarea liniilor aeriene în gol		I_0	A	—	130	
Comportarea la conectarea și deconectarea cablurilor în gol		I_0	A	—	—	
Comportarea la conectarea și deconectarea bateriilor de condensatoare în derivație		I	A	—	—	
Comportarea la defect consecutiv (defectul evolutiv)			—	—	—	
Comportarea în cazul opoziției de fază		U_r	kV	—	—	
		I_{pr}	kA	—	—	
Comportarea la dubla punere la pămînt			—	—	—	
Comportarea la întreruperea curenților mici			—	—	—	
Încălzirea întreruptorului	Tensiunea		V	—	3×380/220	
	Puterea		W	—	500	
Efort la borne			daN	—	150	

* Fără dispozitivul de acționare, dacă este separat de întreruptor.
** Dacă este separat de întreruptor.

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucţiuni pentru proiectarea staţiilor de conexiuni şi transformare Transformatoare de tensiune	PE 111-2/75 Grupa 1 Electro-energetică

◆ CUPRINS

Aprobat prin ordinul M.E.E. nr. 579/2.08.75	Înlocuieşte :	Data intrării în vigoare : 1 dec. 1975

1. DOMENIUL DE APLICARE

Se aplică la alegerea sau la verificarea transformatoarelor de tensiune din centralele electrice şi din staţiile de conexiuni şi transformare de orice tensiune.

2. PRESCRIPŢIILE TEHNICE EXISTENTE

2.1. Standarde

STAS 4323-70. Transformatoare de tensiune. Condiţii generale.

STAS 6489-67. Reţele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolaţiei. Niveluri de izolaţie şi de protecţie.

◆ 2.2. Prescripţii departamentale

PE 101/77 Normativ pentru construcţia instalaţiilor electrice de conexiuni şi transformare cu tensiuni peste 1 kV.

PE 109/74 Normativ privind alegerea izolaţiei, coordonarea izolaţiei şi protecţia instalaţiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.

PE 503/77 Normativ de proiectare a instalaţiilor de comandă şi control din centrale şi staţii electrice.

PE 932/69 Regulament pentru furnizarea şi utilizarea energiei electrice, completat cu „Instrucţiuni de aplicare".

3. CONDIȚIILE DE INSTALARE

3.1. Altitudinea

Transformatoarele de tensiune își păstrează caracteristicile garantate și pot fi instalate fără restricții pînă la altitudinea maximă indicată de întreprinderea constructoare, de regulă 1 000 m.

Pentru altitudini mai mari se va consulta întreprinderea constructoare.

3.2. Tipul interior sau exterior

Se vor alege transformatoare de tensiune de interior în cazurile în care montarea lor se face într-o clădire sau într-un adăpost, unde izolația este protejată împotriva ploii, zăpezii, depozitelor anormale de praf, condensării anormale (inclusiv roua și chiciura), la nevoie prin încălzirea și ventilarea încăperii. În caz contrar se vor alege transformatoare de tensiune de exterior, special construite pentru condiții de funcționare corespunzătoare.

La tensiuni foarte înalte, la care nu se fabrică decît tipuri de exterior, se admite montarea în interior a acestora.

3.3. Caracteristicile mediului ambiant

3.3.1. Domeniul de temperaturi pentru care este garantată buna funcționare a transformatorului de tensiune trebuie să corespundă temperaturilor reale în locul de montare a aparatului, determinate pe bază statistică.

Conform STAS 4323-70, transformatoarele de tensiune fabricate în țară corespund domeniului de temperaturi cuprins între —30 și +40°C, pentru exterior, și —5 și +40°C, pentru interior.

Pentru cazurile în care valorile reale se pot găsi în afara domeniilor indicate, este necesară consultarea întreprinderii constructoare.

3.3.2. Umiditatea relativă a aerului în locul de montare a transformatorului de tensiune nu trebuie să depășească pe cea pentru care este garantată buna funcționare a acestuia. În caz contrar se recomandă consultarea întreprinderii constructoare.

Depunerile de umiditate pe transformatoarele de tensiune de tip interior vor fi evitate. Dacă acest lucru nu se poate realiza, se va recurge la condiționarea aerului sau se vor alege aparate de tip exterior. Pentru transformatoarele montate în interior în STAS 4323-70 se prevede umiditatea maximă la 70%.

3.3.3. Impurificările atmosferice, în cazul transformatoarelor de tensiune de exterior de fabricație curentă, trebuie să fie suficient de reduse, pentru a nu prezenta pericole deosebite. Pentru atmosfere poluate se va indica furnizorului gradul de poluare din zona de amplasare.

3.3.4. Presiunea vîntului pe aparatele de exterior se determină cu relația :

$$P=0{,}7\ \frac{v_{max.}^2}{16},\ [daN/m^2]$$

în care :

$v_{max.}$ este viteza maximă a vîntului, m/s ; se determină în raport cu condițiile climatice locale sau conform prevederilor din „Normativul PE 101“, în cazul în care nu se cunosc date locale.

Valoarea astfel obținută nu trebuie să depășească pe cea admisă de întreprinderea constructoare.

4. NUMĂRUL FAZELOR ȘI CONEXIUNEA ÎNFĂȘURĂRILOR

4.1. Numărul fazelor și conexiunilor înfășurărilor primare se aleg în funcție de numărul de faze ale circuitului primar și de receptoarele care urmează a fi alimentate.

4.2. Soluțiile uzuale pentru **rețelele cu neutrul izolat sau legat la pămînt prin bobină de stingere** (fig. 1a . . . 1f.) sînt următoarele :

a) *Transformator monofazat* conectat între două faze. Măsoară tensiunea dintre fazele respective.

b) *Două transformatoare monofazate în V.* Măsoară toate tensiunile dintre faze.

c) *Trei transformatoare monofazate în stea,* cu neutrul înfăşurărilor primare legat la pămînt şi cu cîte o singură înfăşurare secundară legată în stea cu conductor neutru. Măsoară tensiunile pe fază (faţă de pămînt) şi dintre faze.

d) *Trei transformatoare monofazate în stea* cu neutrul legat la pămînt, avînd cîte două înfăşurări secundare, dintre care unele legate în stea cu conductor neutru, iar celelalte în triunghi deschis. Măsoară tensiunile pe fază (faţă de pămînt) şi dintre faze, precum şi componenta homopolară.

e) *Transformator trifazat în stea,* cu miez magnetic cu trei coloane, avînd neutrul înfăşurărilor primare izolat. Măsoară tensiunile dintre faze. Tensiunea măsurată pe fază nu este valabilă decît în cazul tensiunilor simetrice şi al sarcinilor echilibrate. Se interzice legarea la pămînt a neutrului înfăşurărilor primare, pentru a nu pune în pericol transformatorul prin supraîncălzire, la un defect în reţea. Utilizarea acestor transformatoare de tensiune este, în general, evitată.

f) *Transformator trifazat în stea,* cu miez magnetic cu cinci coloane, avînd neutrul înfăşurărilor primare legat la pămînt şi două înfăşurări secundare : una trifazată în stea cu conductor neutru, iar cealaltă în serie pe cele două coloane exterioare ale miezului. Măsoară tensiunile pe fază (faţă de pămînt) şi dintre faze, precum şi componenta homopolară.

4.3. Soluţiile uzuale pentru **reţelele cu neutrul legat direct la pămînt** (fig. 1g, 1h) sînt :

g) *Transformator monofazat legat între o fază şi pămînt,* cu una sau două înfăşurări secundare. Măsoară tensiunea pe faza respectivă.

h) *Trei transformatoare monofazate în stea* cu neutrul legat la pămînt, avînd cîte două înfăşurări secundare, dintre care unele legate în stea cu conductor neutru, iar celelalte în triunghi deschis. Măsoară tensiunile pe fază (faţă de pămînt) şi între faze, precum şi componenta homopolară.

4.4. Aparatele de măsurat, semnalizare, protecţie şi automatizare se alimentează de regulă de la aceeaşi înfăşurare secundară. În acest scop, transformatoarele de tensiune necesită deci o singură înfăşurare secundară.

Fac excepţie transformatoarele de tensiune ce servesc şi la măsurarea componentei homopolare, care vor avea în plus o înfăşurare secundară suplimentară, special destinată acestui scop.

4.5. În cazul conductoarelor de legătură foarte lungi, în vederea micşorării căderilor de tensiune, se pot utiliza transformatoare de tensiune cu cîte două înfăşurări secundare identice, legate în serie. Se dublează astfel tensiunea secundară, reducîndu-se corespunzător curentul. Aparatele alimentate trebuie să fie corespunzătoare.

Dacă nu este necesară dublarea tensiunii secundare, cele două înfăşurări secundare funcţionează separat, alimentînd fiecare alte aparate.

4.6. Pentru reglarea excitaţiei generatoarelor sincrone se vor folosi de regulă transformatoare de tensiune separate.

5. FRECVENŢA NOMINALĂ

Frecvenţa nominală a transformatoarelor de tensiune trebuie să fie egală cu cea a reţelei. De asemenea, abaterile de la frecvenţa reţelei produse în exploatare nu trebuie să depăşească limitele admise de întreprinderea constructoare, pentru care sînt garantate erorile.

Transformatoarele inductive proiectate a funcţiona la 50 Hz vor putea fi utilizate şi la frecvenţe cuprinse între 15 şi 100 Hz, prin modificarea corespunzătoare a datelor ce depind de frecvenţă (clasa de precizie şi puterea secundară).

6. TENSIUNEA NOMINALĂ PRIMARĂ ŞI SECUNDARĂ

6.1. Tensiunea primară nominală este următoarea :

$U_{pn} = U$ (fig. 1, a şi b)

$U_{pn} = U/\sqrt{3}$ (fig. 1, c, d, e, f, g, h),

unde U este tensiunea nominală a reţelei (între faze).

Rețea cu neutrul izolat sau legat la pămînt prin bobina de stingere

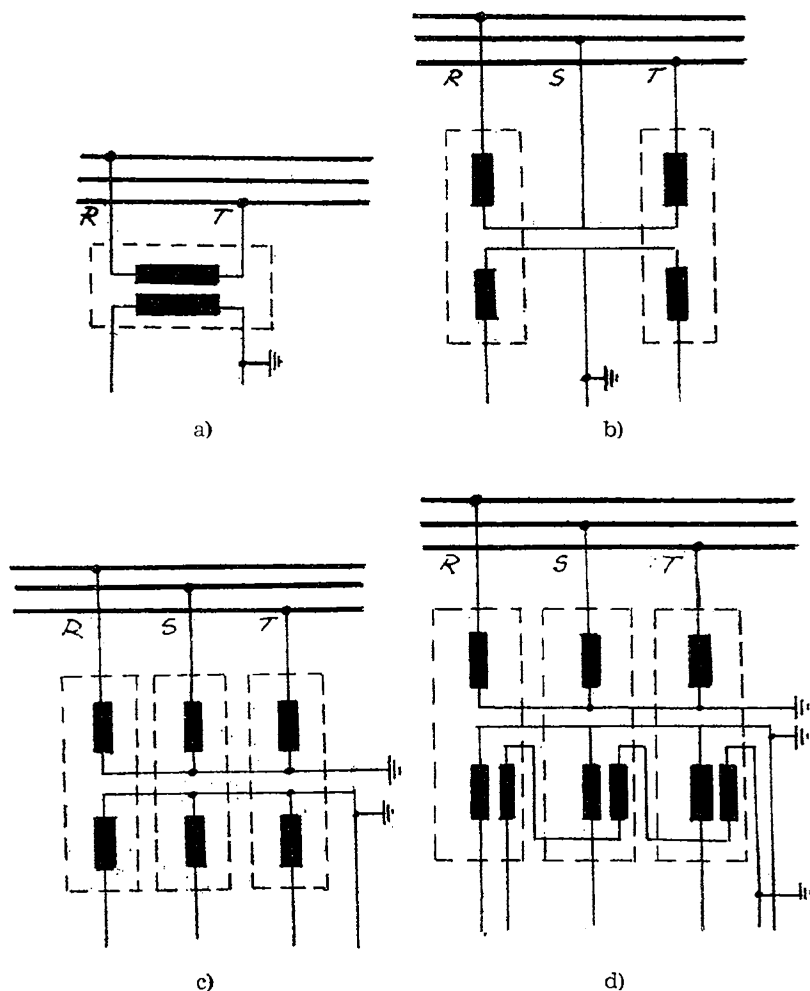
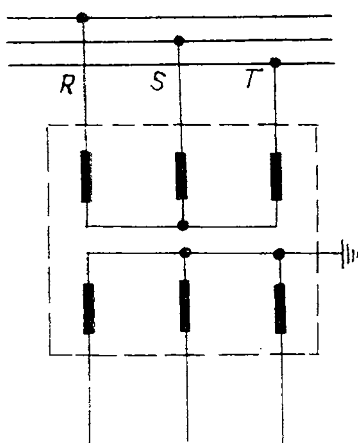


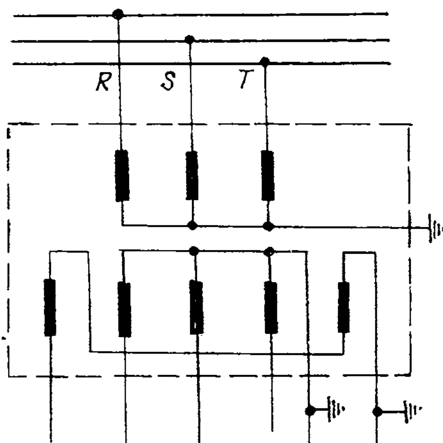
Fig. 1. Diverse moduri de racordare a

a) transformator monofazat ; b) două transformatoare monofazate în V ; c) trei transformatoare în stea cu două înfășurări secundare ; e) transformator trifazat g) transformator monofazat; h) trei

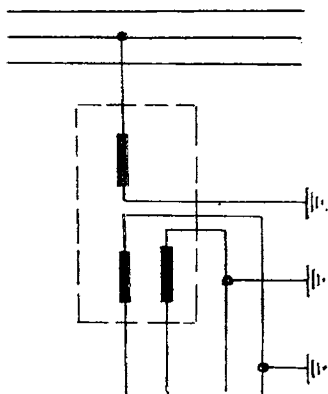
Rețea cu neutrul legat direct la pămînt



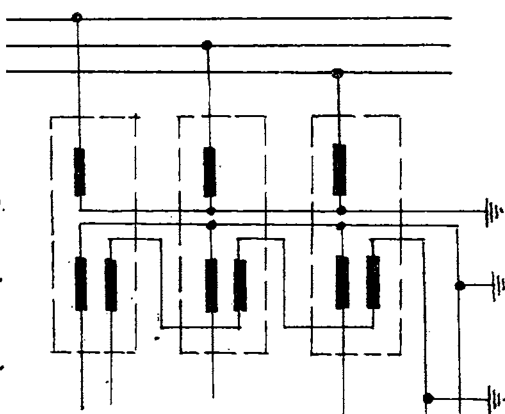
e)



f)



g)



h)

transformatoarelor de tensiune :

transformatoare monofazate în stea cu o singură înfăşurare secundară; d) trei în stea cu trei coloane; f) transformator trifazat în stea cu cinci coloane; transformatoare monofazate în stea.

6.2. De regulă, transformatoarele de tensiune admit o creștere permanentă a tensiunii primare cu 20% peste valoarea nominală.

Este necesar ca valoarea maximă a tensiunii primare admise de întreprinderea constructoare să fie cel puțin egală cu tensiunea maximă de funcționare a rețelei.

6.3. În rețelele cu neutrul nelegat direct la pămînt, transformatoarele de tensiune care funcționează cu o bornă neizolată legată la pămînt trebuie să poată suporta o creștere permanentă a tensiunii primare de 1,73 ori. Această condiție este independentă de cea menționată la pct. 6.2.

6.4. Tensiunea primară nu trebuie să fie mai mică decît valoarea minimă admisă de întreprinderea constructoare, de regulă 80% din tensiunea nominală. În caz contrar erorile de măsură depășesc limita garantată.

În legătură cu aceasta, se atrage atenția asupra faptului că este interzisă racordarea în stea a transformatoarelor monofazate construite pentru a fi conectate între faze, întrucît prin aceasta se reduce prea mult tensiunea primară aplicată.

6.5. Tensiunea nominală a înfășurărilor secundare de bază va fi, de regulă, următoarea :

$U_{sn} = 100$ V (fig. 1, a și b)

$U_{sn} = 100/\sqrt{3}$ V (fig. 1, c, d, e, f, g, h).

6.6.Tensiunea nominală a înfășurărilor secundare suplimentare (pentru măsurarea componentei homopolare) va fi de regulă :

a) În cazul rețelelor cu neutrul izolat sau legat la pămînt prin bobină de stingere (fig. 1, d și f) :

$$U_{sn} = 100/3 \text{ V}.$$

La o punere la pămînt în rețeaua primară, suma tensiunilor în înfășurările suplimentare este de 100 V. În cazul transformatorului din figura 1 f, valoarea U_{sn} indicată mai sus este convențională, întrucît există, de fapt, o singură înfășurare secundară suplimentară, în serie pe coloanele extreme ale miezului magnetic.

b) În cazul rețelelor cu neutrul legat direct la pămînt (fig. 1 h) :

$$U_{sn} = 100 \text{ V}.$$

La o punere la pămînt în rețeaua primară, suma tensiunilor în înfășurările suplimentare este de 100 V.

c) Dacă înfășurarea suplimentară servește altui scop decît cel al măsurării componentei homopolare (de exemplu, **fig. 1 g**), la alegerea tensiunii ei nominale se va ține seama de scopul urmărit.

6.7. În cazurile menționate la pct. 4.5, se admite dublarea valorilor indicate mai sus pentru tensiunile secundare nominale, cu condiția ca aparatele alimentate să fie corespunzătoare. În general, în astfel de cazuri se utilizează transformatoare de tensiune cu cîte două înfășurări secundare identice, care se conectează în serie.

7. NIVELUL DE IZOLAȚIE

7.1. Tensiunile de încercare vor fi cel puțin egale cu cele prevăzute în STAS 4323-70.

Pentru altitudini mai mari de 1 000 m, se vor stabili condiții speciale, de comun acord cu întreprinderea constructoare.

◆ **7.2.** Lungimea liniei de conturnare pe suprafața izolatoarelor, în funcție de gradul de poluare al atmosferei, este indicată în normativul PE 109.

8. CLASA DE PRECIZIE

8.1. Pentru alimentarea aparatelor de măsură este necesară, de regulă **clasa de precizie 0,5.**

Pot face excepție aparatele de măsură destinate exclusiv pentru evidența tehnică (nu comercială), pentru care se admite clasa 1.

8.2. Pentru circuitele prin care se realizează interconexiuni cu alte țări sau pentru circuite de mare importanță (de exemplu, pentru măsurări de randamente la grupuri generatoare), se pot prevedea înfășurări de clasa 0,2. Astfel de cazuri se vor stabili de comun acord cu Dispecerul Energetic Național.

8.3. Pentru alimentarea aparatelor de protecţie şi de automatizare sînt necesare, în general, următoarele clase de precizie :

— *clasa 1*, pentru relee direcţionale şi de distanţă ;

— *clasa 3*, pentru relee de tip voltmetric.

Pentru alte aparate de protecţie sau automatizare, sînt necesare, după caz, clasele 1 sau 3, ţinînd seama de faptul că la clasa 3 nu se garantează eroarea de unghi.

La alegerea clasei de precizie pentru alimentarea diverselor aparate de protecţie şi de automatizare, este necesar, de asemenea, să se ia în considerare indicaţiile întreprinderilor constructoare ale acestor aparate.

Se menţionează faptul că, pentru anumite aparate de automatizare, întreprinderile constructoare livrează transformatoare de tensiune speciale, cu precizia necesară.

9. PUTEREA SECUNDARĂ NOMINALĂ

9.1. Pentru determinarea încărcării transformatoarelor de tensiune este necesar să se cunoască puterile active şi reactive consumate de fiecare aparat alimentat.

9.2. Se adună separat puterile active şi cele reactive ale aparatelor conectate în paralel.

a) În cazul înfăşurărilor secundare de bază rezultă una dintre schemele echivalente din tabelul 1. Cu relaţiile de calcul indicate în acest tabel, se determină puterea activă P şi puterea reactivă Q consumate de la fiecare transformator de tensiune, precum şi puterea aparentă consumată S :

$$S=\sqrt{P^2+Q^2}$$

b) În cazul înfăşurărilor secundare suplimentare (pentru măsurarea componentei homopolare), rezultă, de asemenea, puterea activă totală P′ şi puterea reactivă totală Q′ consumate, precum şi puterea aparentă totală S′ :

$$S'=\sqrt{P'^2+Q'^2}$$

Puterea aparentă P_a care revine unei înfăşurări este :

S=S′/3 (fig. 1 d)

S=S′ (fig. 1 f şi h)

9.3. Puterea aparentă S consumată de fiecare înfăşurare trebuie să satisfacă următoarea condiţie :

$$S_{smin} \leqslant S \leqslant S_{sn}$$

în care :

S_{sn} este puterea secundară nominală a înfăşurării respective ;

S_{smin} — puterea minimă admisă de întreprinderea constructoare, pentru care sînt garantate erorile ; conform STAS 4323-70, $S_{smin} = 0{,}25\ S_{sn}$.

9.4. Pentru măsurătorile de mare precizie necesare în cazurile menţionate la pct. 8.2., este necesar să se ţină seama, de asemenea, de factorul de putere al sarcinii care revine fiecărei înfăşurări secundare, a cărui valoare trebuie să fie :

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \cong 0{,}8$$

La nevoie, factorul de putere poate fi corectat prin adăugarea de rezistenţe sau de reactanţe adiţionale.

9.5. Dacă există aparate de protecţie sau de automatizare care pentru un timp scurt (în timpul funcţionării instalaţiilor de protecţie sau de automatizare) consumă o putere mai mare decît cea absorbită permanent, calculul încărcării transformatoarelor de tensiune se va face ţinînd seama de valoarea consumului de scurtă durată.

Dacă astfel de aparate sînt alimentate de la aceeaşi înfăşurare cu aparatele de măsurat, se va determina încărcarea transformatoarelor de tensiune atît în regim permanent, cît şi în regim de scurtă durată. Încărcările vor satisface condiţia de la pct. 9.2. Astfel ;

— pentru încărcarea în regim permanent, se ia în considerare puterea nominală S_{sn} a înfăşurăriii, la clasa de precizie corespunzătoare aparatelor de măsurat ;

Formule pentru calcularea încărcării

Înfășurări

Canex. transf. conf. fig.	Schema de racordare a aparatelor alimentate
1a, g	$P'+jQ'$
1b	R, S, T; $P'_{RS}+jQ'_{RS}$; $P'_{RT}+jQ'_{RT}$; $P'_{TS}+jQ'_{TS}$; $P'+jQ'$; $P'+jQ'$; $P'+jQ'$
1c, d, f, h	R, S, T, Q; $P'_{RS}+jQ'_{RS}$; $P'_{TR}+jQ'_{TR}$; $P'_{ST}+jQ'_{ST}$; $P'_R+jQ'_R$; $P'_S+jQ'_S$; $P'_T+jQ'_T$
1e	R, S, T; $P'_{RS}+jQ'_{RS}$; $P'_{TR}+jQ'_{TR}$; $P'_{ST}+jQ'_{ST}$; $P'+jQ'$; $P'+jQ'$; $P'+jQ'$

TABELUL 1

transformatoarelor de tensiune
secundare de bază

Formule de calcul	
Puterea activă	Puterea reactivă
$P=P'$	$Q=Q'$
$P_{RS}=P'_{RS}+$ $+\frac{P'_{RT}-\sqrt{3}Q'_{RT}}{2}+\frac{3P'-\sqrt{3}Q'}{2}$ $P_{TS}=P'_{TS}+$ $+\frac{P'_{RT}+\sqrt{3}Q'_{RT}}{2}+\frac{3P'+\sqrt{3}Q'}{2}$	$Q_{RS}=Q'_{RS}+$ $+\frac{\sqrt{3}P'_{RT}+Q'_{RT}}{2}+\frac{\sqrt{3}P'+3Q'}{2}$ $Q_{TS}=Q'_{TS}+$ $+\frac{-\sqrt{3}P'_{RT}+Q'_{RT}}{2}+\frac{-\sqrt{3}P'+3Q'}{2}$
$P_R=P'_R+$ $+\frac{3P'_{RS}+3P'_{TR}+\sqrt{3}Q'_{RS}-\sqrt{3}Q'_{TR}}{6}$ $P_S=P'_S+$ $+\frac{3P'_{RS}+3P'_{ST}-\sqrt{3}Q'_{RS}+\sqrt{3}Q'_{ST}}{6}$ $P_T=P'_T+$ $+\frac{3P_{TR}+3P'_{ST}+\sqrt{3}Q'_{TR}-\sqrt{3}Q_{ST}}{6}$	$Q_R=Q'_R+$ $+\frac{-\sqrt{3}P'_{RS}+\sqrt{3}P'_{RT}+3Q'_{RS}+3Q'_{RT}}{6}$ $Q_S=Q'_S+$ $+\frac{\sqrt{3}P'_{RS}-\sqrt{3}P'_{ST}+3Q_{RS}+3Q'_{ST}}{6}$ $Q_T=Q'_T+$ $+\frac{-\sqrt{3}P'_{TR}+\sqrt{3}P'_{ST}+3Q'_{TR}+3Q_{ST}}{6}$
$P_R=P'+$ $+\frac{3P'_{RS}+3P'_{TR}+\sqrt{3}Q'_{RS}-\sqrt{3}Q'_{TR}}{6}$ $P_S=P'+$ $+\frac{3P'_{RS}+3P'_{ST}-\sqrt{3}Q'_{RS}+\sqrt{3}Q'_{ST}}{6}$ $P_T=P'+$ $+\frac{3P'_{TR}+3P'_{ST}+\sqrt{3}Q'_{TR}-\sqrt{3}Q'_{ST}}{6}$	$Q_R=Q'+$ $+\frac{-\sqrt{3}P'_{RS}+\sqrt{3}P'_{TR}+3Q'_{RS}+3Q'_{TR}}{6}$ $Q_S=Q'+$ $+\frac{\sqrt{3}P'_{RS}-\sqrt{3}P'_{ST}+3Q_{RS}+3Q'_{ST}}{6}$ $Q_T=Q'+$ $+\frac{-\sqrt{3}P'_{TR}+\sqrt{3}P'_{ST}+3Q'_{TR}+3Q'_{ST}}{6}$

— pentru încărcarea în regim de scurtă durată se ia în considerare puterea nominală S_{sn} a înfăşurării, la clasa de precizie corespunzătoare aparatelor de protecţie sau de automatizare. Se admite astfel ca, pentru un timp scurt, erorile să crească peste valorile admisibile la măsurare, fără a depăşi însă valorile admise la protecţie sau la automatizare, adică se admite trecerea în altă clasă de precizie.

9.6. În cazurile excepţionale, în care transformatorul de tensiune serveşte numai ca sursă de energie (de exemplu, pentru alimentarea unor lămpi de semnalizare) şi nu interesează erorile, puterea consumată nu trebuie să depăşească puterea-limită termică a înfăşurării.

10. TRANSFORMATOARELE DE TENSIUNE CAPACITIVE

10.1. Transformatoarele de tensiune capacitive sînt supuse, în principiu, aceloraşi reguli privitoare la performanţe ca şi cele inductive. La alegerea sau la verificarea lor trebuie să se respecte îndrumările date în prezentele instrucţiuni.

10.2. Adesea transformatoarele de tensiune capacitive îndeplinesc şi funcţia de condensatoare de cuplare de înaltă frecvenţă. În acest caz, în afară de caracteristicile indicate pentru transformatoarele de tensiune, trebuie să se ia în considerare şi capacitatea electrică. Valoarea acesteia depinde de tipul şi de caracteristicile instalaţiei de înaltă frecvenţă.

10.3. Transformatoarele de tensiune capacitive pot fi sensibil influenţate de variaţiile de frecvenţă, de cîmpurile electrice perturbatoare (produse, de exemplu, de conductoarele învecinate), de ploaie sau de ceaţă, de starea de curăţenie a suprafeţelor izolante exterioare, de diferenţele de temperatură dintre părţile de înaltă şi de joasă tensiune ale condensatorului.

La alegerea unor transformatoare de tensiune capacitive, se va da o deosebită atenţie cauzelor perturbatoare de mai sus şi erorilor suplimentare pe care le pot produce.

10.4. Transformatoarele de tensiune capacitive pot avea o tendință marcantă de oscilație a tensiunii secundare în cazul fenomenelor tranzitorii în primar (scurtcircuite în rețeaua primară, puneri la pămînt, variații bruște de tensiune etc.) sau în secundar (scurtcircuite, variații bruște de sarcină). Oscilațiile sînt dăunătoare, în special în cazul alimentării releelor foarte rapide. În astfel de situații este necesar să se aleagă transformatoare de tensiune cu o durată de amortizare a oscilațiilor suficient de mică, astfel încît să nu fie pusă în pericol funcționarea corectă a instalațiilor de protecție. Se indică orientativ că erorile de măsură trebuie să scadă sub 5% după trecerea unui interval de timp de 20 ms de la apariția modificării produse în circuitul primar sau secundar.

Nu se recomandă încărcarea transformatoarelor de tensiune capacitive la valori apropiate de puterea-limită termică, întrucît prin aceasta se înrăutățește comportarea la oscilații.

Spre deosebire de transformatoarele de tensiune capacitive, cele inductive transmit în secundar oscilații de amplitudine mai redusă și de durată mai scurtă.

10.5. Transformatoarele de tensiune inductive servesc, de asemenea, pentru descărcarea sarcinii capacitive a liniilor electrice aeriene, funcție care nu poate fi îndeplinită de cele capacitive.

10.6. Transformatoarele de tensiune capacitive, care sînt în general mai ieftine decît cele inductive, pot fi utilizate la tensiuni de 110 kV sau mai mult, ținînd seama și de posibilitatea funcționării lor concomitente drept condensatoare de cuplare.

Anexa 1

EXEMPLU DE CALCUL

A. Datele necesare proiectării :

1) Destinația circuitului primar (linie interconectată)	
2) Numărul de faze ale circuitului primar	3
3) Tensiunea nominală a circuitului primar	110 kV
Tensiunea maximă de funcționare	Conform STAS 6489-67
4) Modul de tratare a neutrului rețelei	Legat direct la pămînt

5) Tensiunile care trebuie măsurate
6) Destinaţia aparatelor de măsură pentru evidenţa tehnică
7) Condiţii speciale impuse preciziei măsurătorilor
8) Tipul, numărul şi consumul aparatelor racordate :

a) *Aparate de măsură :*

— un voltmetru E5 (între fazele R—S)	3,5 VA (unitar)
— un voltmetru înregistrator (între fazele R—S)	15 VA
— un wattvarmetru înregistrator (între fazele R—S şi S—T)	15 VA/circuit
— două contoare CA-32 (între fazele R—S şi S—T)	1 VA/circuit
— două contoare CR-32 (între fazele R—S şi S—T)	1 VA/circuit
— o lampă de semnalizare (între fazele R—S)	10 W

b) *Aparate de protecţie :*

— un releu de distanţă pe fazele R S T permanent	6 VA/fază
timp scurt	64 VA/fază
— releu direcţional pe înfăşurarea auxiliară (triunghi deschis)	10 VA
— două relee de tensiune între fazele R—S şi S—T	2 VA (unitar)
— un osciloperturbograf	3 VA/fază
9) Zona geografică şi altitudinea	Regiunea subcarpatică, altitudine 500 m

B. Numărul fazelor şi conexiunea înfăşurărilor primare

Se alege soluţia din figura 1 h, cu trei transformatoare monofazate în stea cu neutrul legat la pămînt.

C. Numărul şi conexiunea înfăşurărilor secundare

1) Toate aparatele de măsură şi protecţie se vor alimenta de la înfăşurarea secundară de bază, conectată în stea cu conductor neutru (fig. 1 h).

2) Pentru releele de distanţă va exista, de asemenea, o alimentare de la înfăşurările auxiliare pentru măsurarea componentei homopolare conectate în triunghi deschis.

D. **Tensiunea primară nominală U_{pn} :**

1) Tensiunea nominală a rețelei : 110 kV

Tensiunea primară nominală a transformatoarelor de tensiune :

$$U_{pn} = \frac{110}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

2) Transformatoarele vor putea suporta permanent o tensiune la borne cu 20% mai mare.

E. **Tensiunea secundară nominală :**

1) Pentru înfășurarea secundară de bază :

$$U_{sn} = \frac{100}{\sqrt{3}} \text{ V}$$

2) Pentru înfășurarea secundară auxiliară :

$$U_{sn} = 100 \text{ V}$$

În cazul unei puneri la pămînt în rețeaua primară, tensiunea care apare la bornele triunghiului deschis este de 100 V.

Raportul de transformare nominal este :

$$K_n = \frac{110\,000}{\sqrt{3}} \Bigg/ \left(\frac{100}{\sqrt{3}}\right) \Bigg/ 100 \text{ V.}$$

F. **Nivelul de izolație**

Nivelul de izolație va respecta valorile indicate în STAS 6489-67.

G. **Clasa de precizie**

În raport cu aparatele alimentate, sînt necesare următoarele clase de precizie :

— aparate de măsură : clasa 0,5
— relee de distanță : clasa 1
— relee de tensiune : clasa 3

Pentru înfășurarea secundară de bază se alege clasa 0,5 determinată de aparatele de măsură.

Pentru înfășurarea secundară suplimentară se alege clasa 1.

H. **Puterea secundară nominală**

1) Pentru consumul aparatelor utilizate sînt indicate în cataloage numai puterile aparente. Se face ipoteza :

$$\cos\varphi = 0{,}8 \qquad \sin\varphi = 0{,}6$$

Rezultă următoarele puteri consumate :

— voltmetru E 5 :

$P = 0{,}8 \times 3{,}5 = 2{,}8$ W ; $Q = 0{,}6 \times 3{,}5 = 2{,}1$ Var

— voltmetru înregistrator :

$P = 0{,}8 \times 15 = 12$ W ; $Q = 0{,}6 \times 15 = 9$ Var

— lampa de semnalizare :

$P = 1 \times 10 = 10$ W ; $Q = 0$

— wattvarmetru înregistrator :

$P = 0{,}8 \times 15 = 12$ W ; $Q = 0{,}6 \times 15 = 9$ Var

— contor CA-32 :

$P = 0{,}8 \times 1 = 0{,}8$ W ; $Q = 0{,}6 \times 1 = 0{,}6$ Var

— contor CR-32 :

$P = 0{,}8 \times 1 = 0{,}8$ W ; $Q = 0{,}6 \times 1 = 0{,}6$ Var

— releu de distanță :

— pe fază permanentă :

$P = 0{,}8 \times 6 = 4{,}8$ W ; $Q = 0{,}6 \times 6 = 3{,}6$ Var

— pe fază timp scurt :

$P = 0{,}8 \times 64 = 51$ W ; $Q = 0{,}6 \times 64 = 38$ Var

— pe înfășurare auxiliară :

$P = 0{,}8 \times 10 = 8$ W ; $Q = 0{,}6 \times 10 = 6$ Var

— releu de tensiune :

$P = 0{,}8 \times 12 = 1{,}6$ W ; $Q = 0{,}6 \times 2 = 1{,}2$ Var

— osciloperturbograf :

$P = 0{,}8 \times 3 = 2{,}4$ W ; $Q = 0{,}6 \times 3 = 1{,}8$ Var

2) Puterile totale consumate pe fiecare fază și între faze :

a) *Faza R S T*

Consum permanent

releu de distanță și osciloperturbograf

$P' = 1 \times 4{,}8 + 1 \times 2{,}4 = 7{,}2$ W ; $Q' = 1 \times 3{,}6 + 1 \times 1{,}8 = 5{,}4$ Var

Consum de scurtă durată

$P' = 1 \times 51 = 51$ W ; $Q' = 1 \times 38 = 38$ Var

b) *Între fazele R-S :*

— un voltmetru E5

— un voltmetru înregistrator

— o lampă semnalizare

— un releu de tensiune
— un wattvarmetru înregistrator
— patru contoare

$$P = 1 \times 2{,}8 + 1 \times 12 + 1 \times 10 + 2 \times 1{,}6 + 1 \times 12 + 4 \times 0{,}8 = 43{,}2 \text{ W}$$

$$Q = 1 \times 2{,}1 + 1 \times 9 + 2 \times 1{,}2 + 1 \times 9 + 4 \times 0{,}6 = 24{,}9 \text{ Var}$$

c) ***Între fazele S-T :***

— un wattvarmetru înregistrator
— patru contoare
— două relee de tensiune

$$P = 1 \times 12 + 4 \times 0{,}8 + 2 \times 1{,}6 = 18{,}4 \text{ W}$$

$$Q = 1 \times 9 + 4 \times 0{,}6 + 2 \times 1{,}2 = 13{,}8 \text{ Var}$$

3) Înfăşurarea secundară auxiliară :

— un releu pe distanţă

$P' = 8$ W ; $Q = 6$ Var

4) Puterea pe înfăşurarea secundară :

a) înfăşurarea de bază-consum permanent

$$P_R = P_R' + \frac{3P_{RS}' + 3P_{TR}' + \sqrt{3}\, Q_{RS}' - \sqrt{3}\, Q_{RT}'}{6} =$$

$$= 7{,}2 + \frac{3 \times 43{,}2 + \sqrt{3} \times 24{,}9}{6} = 7{,}2 + 28{,}8 = 36 \text{ W}$$

$$Q_R = Q_R' + \frac{-\sqrt{3}\, P_{RS}' + \sqrt{3}\, P_{RT}' + 3\, Q_{RS}' + 3\, Q_{RT}'}{6} =$$

$$= 5{,}4 + \frac{-\sqrt{3} \times 43{,}2 + 3 \times 24{,}9}{6} = 5{,}4 \text{ Var}$$

$$P_S = P_S' + \frac{3\, P_{RS}' + 3\, P_{ST}' - \sqrt{3}\, Q_{RS}' + \sqrt{3}\, Q_{ST}'}{6} =$$

$$= 7{,}2 + \frac{3 \times 43{,}2 + 3 \times 18{,}4 - \sqrt{3} \times 24{,}9 + \sqrt{3} \times 13{,}8}{6} = 7{,}2 + 27{,}6 = 34{,}8 \text{ W}$$

$$Q_S = Q_S' + \frac{\sqrt{3}\, P_{RS}' - \sqrt{3}\, P_{ST}' + 3\, Q_{RS}' + 3\, Q_{ST}'}{6} =$$

$$= 5{,}4 + \frac{\sqrt{3} \times 43{,}2 - \sqrt{3} \times 18{,}4 + 3 \times 24{,}9 + 3 \times 13{,}8}{6} = 5{,}4 + 26{,}6 = 32 \text{ Var.}$$

$$P_T = P'_T + \frac{3P'_{TR} + 3P'_{ST} + \sqrt{3}Q'_{TR} - \sqrt{3}Q'_{ST}}{6} =$$

$$= 7,2 + \frac{3 \times 18,4 - \sqrt{3} \times 13,8}{6} = 7,2 + 5,2 = 12,4 \text{ W}$$

$$Q_T = Q'_T + \frac{-\sqrt{3}P'_{TR}\sqrt{3}P'_{ST} + 3Q'_{TR} + 3Q'_{ST}}{6} =$$

$$= 5,4 + \frac{\sqrt{3} \times 18,4 + 3 \times 13,8}{6} = 5,4 + 12,2 = 17,6 \text{ Var.}$$

Puterea aparentă :

$$S_R = \sqrt{P_R^2 + Q_R^2} = \sqrt{36^2 + 5,4^2} = 36,4 \text{ VA}$$

$$S_S = \sqrt{P_S^2 + Q_S^2} = \sqrt{34,8^2 + 32^2} = 47,4 \text{ VA}$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{12,4^2 + 17,6^2} = 21,5 \text{ VA}$$

b) Înfășurarea de bază-consum de scurtă durată :

$P_R = 53,4 + 28,8 = 82,2$ W ; $Q_R = 39,8 + 0 = 39,8$ Var

$P_S = 53,4 + 27,6 = 81$ W ; $Q_S = 39,8 + 26,6 = 66,4$ Var

$P_T = 53,4 + 5,2 = 58,6$ W ; $Q_T = 39,8 + 12,2 = 52$ Var

Puterea aparentă :

$$S_R = \sqrt{82,2^2 + 39,3^2} = 91,3 \text{ VA}$$

$$S_S = \sqrt{81^2 + 66,4^2} = 104,7 \text{ VA}$$

$$S_T = \sqrt{58,6^2 + 52^2} = 78,9 \text{ VA}$$

5) Înfășurarea secundară suplimentară :

$$S = \sqrt{P'^2 + Q'^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \text{ VA}$$

Pe baza datelor calculate se alege transformatorul TEMU-110.
Raport de transformare :

$$\frac{110\,000}{\sqrt{3}} \Big/ \left(\frac{100}{\sqrt{3}}\right) \Big/ 100 \text{ V}$$

Clasa de precizie : 0,5/1

Puterea secundară normală S_{sn}
— Înfăşurarea de bază clasa 0,5 : 300 VA
— Înfăşurarea suplimentară clasa 1 : 600 VA

I. **Condiţii impuse puterilor consumate :**

1) Înfăşurarea secundară de bază clasa 0,5

Deoarece puterea consumată este prea mică se adaugă o rezistenţă adiţională cu o putere de 100 W pe fiecare fază a înfăşurării secundare de bază, clasa 0,5 şi 150 W pe înfăşurarea secundară suplimentară, clasa 1.

În acest caz puterea aparentă devine :

a) Înfăşurarea de bază — consum permanent :

$$S_R = \sqrt{(100 + 36)^2 + 5{,}4^2} = 137 \text{ VA}$$

$$S_S = \sqrt{(100 + 34{,}8)^2 + 32^2} = 138{,}6 \text{ VA}$$

$$S_T = \sqrt{(100 + 12{,}4)^2 + 17{,}6^2} = 113 \text{ VA}$$

$$0{,}25\ S_{sn} < S \leqslant S_{sn}$$

$$0{,}25 \times 300 = 75 < 113 < 300$$

$$0{,}25 \times 300 = 75 < 138{,}6 < 300$$

Condiţia este satisfăcută.

b) Înfăşurarea de bază — consum de scurtă durată :

$$S_R = \sqrt{(100 + 82{,}2)^2 + 39{,}8^2} = 186{,}5 \text{ VA}$$

$$S_S = \sqrt{(100 + 81)^2 + 66{,}4^2} = 193 \text{ VA}$$

$$S_T = \sqrt{(100 + 58{,}6)^2 + 52^2} = 167 \text{ VA}$$

$$0{,}25\ S_{sn} < S \leqslant S_{sn}$$

$$0{,}25 \times 600 = 150 < 167 < 600$$

Condiţia este satisfăcută.

c) Înfăşurarea suplimentară :

$$S = \sqrt{(150 + 8)^2 + 6^2} = 158{,}5 \text{ VA}$$

$$0{,}25\ S_{sn} < S < S_{sn}$$

$$0{,}25 \times 600 = 150 < 158{,}5 < 600$$

Condiţia este satisfăcută.

ANEXA 2

◆ Transformatoare de tensiune

Destinaţia transformatorului de tensiune	Staţia Gradul de poluare al zonei Circuitul		110 kV II Celula de linie	
Tipul şi furnizorul			TEMU-110 CIMAE	
Greutatea (masa)	Totală, kg Ulei, kg		750 250	
Caracteristici		Unitatea de măsură	Valori	
			Necesare	Garantate
Tensiunea nominală primară		kV	$110/\sqrt{3}$	$110/\sqrt{3}$
Tensiunea nominală secundară	Înfăşurarea nr. 1	kV	$0,1/\sqrt{3}$	$0,1/\sqrt{3}$
	Înfăşurarea nr. 2	kV	0,1	0,1
Nivel de izolaţie	Tensiunea de ţinere la unda de şoc (1,2/50 µs)	$kV_{max.}$	450	450
	Tensiunea de ţinere la frecvenţa industrială	kV_{ef}	185	185
	Linia de fugă specifică	cm/kV	2,0	2,1
Efort la borne	Longitudinal	daN	100	100
	Transversal	daN	—	—
Înfăşurarea secundară nr. 1	Clasa de precizie		0,5	0,5
	Puterea	VA	138,6	300
Înfăşurarea secundară nr. 2	Clasa de precizie		1	1
	Puterea	VA	158,5	600
Înfăşurarea secundară nr. 3	Clasa de precizie			
	Puterea	VA		

Lucrarea nr. . . . .
Stația de 110 kV
Circuitul primar: Celula de linie

ANEXA 3 a

TRANSFORMATOARE DE TENSIUNE

1. Încărcarea înfășurărilor

Sarcina permanentă

Aparate racordate	Nr. aparatelor	Înfășurarea de bază — Clasa 0,5															Înfășurarea suplimentară, clasa 1				
		Sarcina unitară			Sarcina totală												Sarcina unitară			Sarcina totală	
					R		S		T		R-S		S-T		T-R						
		S	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	S	P	Q	P	Q
		VA	W	Var	W	Var	W	Var	W	Var	W	Var	W	Var	W	Var	VA	W	Var	W	Var
Voltmetru	1	3,5	2,8	2,1							2,8	2,1									
Voltmetru înregistrator	1	1,5	12	9							12	9									
Wattmetru	—																				
Varmetru	—																				
Wattvarmetru înregistrator	1	15	12	9							12	9	12	9							
Contor CA-32	2	1	0,8	0,6							1,6	1,2	1,6	1,2							
Contor CR-32	2	1	0,8	0,6							1,6	1,2	1,6	1,2							
Releu de distanță	1	6	4,8	3,6	4,8	3,6	4,8	3,6	4,8	3,6							10	8	6	8	6
Releu de tensiune	2	2	1,6	1,2							3,2	2,4	3,2	2,4							
Osciloperturbograf	1	3	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8											
Lampă de semnalizare	1	10	10	—							10	—									
Rezistență adițională	1	100	100		100		100		100								150	150		130	
TOTAL					107,2	5,4	107,2	5,4	107,2	5,4	43,2	24,9	18,4	13,8	—	—				138	6

ANEXA 3 b

Lucrarea nr. . . . .
Stația de 110 kV
Circuitul primar: Celula de linie

TRANSFORMATOARE DE TENSIUNE
2. Încărcarea înfășurărilor
Sarcina de scurtă durată

Aparate racordate	Nr. aparatelor	Înfășurarea de bază — Clasa 1																		Înfășurarea suplimentară, clasa 1				
		Sarcina unitară			Sarcina totală															Sarcina unitară			Sarcina totală	
					R		S		T		R-S		S-T		T-R									
		S	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q				S	P	Q	P	Q
		VA	W	Var	W	Var	W	Var	W	Var	W	Var	W	Var	W	Var				VA	W	Var	W	Var
Voltmetru	1	3,5	2,8	2,1							2,8	2,1												
Voltmetru înregistrator	1	15	12	9							12	9												
Wattmetru	—																							
Varmetru	—																							
Wattvarmetru înregistrator	1	15	12	9							12	9	12	9										
Contor CA-32	2	1	0,8	0,6							1,6	1,2	1,6	1,2										
Contor CR-32	2	1	0,8	0,6							1,6	1,2	1,6	1,2										
Releu de distanță	1	64	51	38	51	38	51	38	51	38										10	8	6	8	6
Releu de tensiune	2	2	1,6	1,2							3,2	2,4	3,2	2,4										
Oscilo-perturbograf	1	3	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8	2,4	1,8														
Lampă de semnalizare	1	10	10	—							10	—												
Rezistență adițională	1	100	100	—	100		100		100											150	150		150	
TOTAL					153,4	39,8	153,4	39,8	153,4	39,8	43,2	24,9	18,4	13,8	—	—							158	6

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucţiuni pentru proiectarea staţiilor de conexiuni şi transformare Transformatoare de curent	PE 111-3/1975 Grupa 1 Electroenergetică

◆ *CUPRINS*

Aprobat prin ordinul M.E.E. nr. 579/2.08.75	Înlocuieşte :	Data intrării în vigoare : 1 dec. 1975

1. DOMENIUL DE APLICARE

Prezentele instrucţiuni se aplică la alegerea sau la verificarea transformatoarelor de curent din centralele electrice şi din staţiile de conexiuni şi transformare pînă la 400 kV, inclusiv.

Instrucţiunile nu tratează transformatoarele de curent care se bazează pe principiul inducţiei magnetice.

2. PRESCRIPŢII TEHNICE EXISTENTE

2.1. Standarde

STAS 4324-70	Transformatoare de curent. Condiţii generale.
STAS 6489-67	Reţele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolaţiei. Nivele de izolaţie şi de protecţie.

◆ 2.2. Prescripţii departamentale

PE 101/77	Normativ pentru construcţia instalaţiilor electrice de conexiuni şi transformare cu tensiuni peste 1 kV.
PE 103/70	Instrucţiuni pentru dimensionarea şi verificarea instalaţiilor electroenergetice la solicitări mecanice şi termice în condiţiile curenţilor de scurtcircuit.

PE 109/74 Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.

PE 503/77 Normativ de proiectare a instalațiilor de comandă și control din centrale și stații electrice.

PE 116/78 Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice.

3. CONDIȚII DE INSTALARE

3.1. Altitudinea

Transformatoarele de curent își păstrează caracteristicile garantate și pot fi instalate fără restricții pînă la altitudinea maximă indicată de întreprinderea constructoare, de regulă 1 000 m.

Pentru altitudini mai mari se va consulta întreprinderea constructoare.

3.2. Tipul interior sau exterior

Se vor alege transformatoare de curent de interior în cazurile în care montarea lor se face într-o clădire sau un adăpost, unde izolația este protejată contra ploii, zăpezii, depunerilor anormale de praf, condensării (inclusiv roua și chiciura), la nevoie prin încălzirea și ventilarea încăperii. În caz contrar se vor alege transformatoare de curent de exterior, special construite pentru condiții de funcționare corespunzătoare.

La tensiuni foarte înalte, la care nu se fabrică decît tipuri de exterior, se admite montarea în interior a acestora.

3.3. Caracteristicile mediului ambiant

3.3.1. Domeniul de temperaturi pentru care este garantată buna funcţionare a transformatorului de curent trebuie să corespundă temperaturilor reale din locul de montare a aparatului, determinate pe bază statistică.

Conform STAS 4324-70, transformatoarele de curent fabricate în ţara noastră corespund domeniului de temperaturi cuprins între —30°C şi +40°C în interior, respectiv —50°C, +40°C şi umiditatea maximă 70% pentru transformatoarele montate în interior.

Pentru cazurile în care valorile reale se pot găsi în afara domeniilor indicate, este necesară consultarea întreprinderii constructoare.

3.3.2. Umiditatea relativă a aerului în locul de montare a transformatorului de curent nu trebuie să depăşească pe cea pentru care este garantată buna funcţionare a acestuia. În caz contrar se recomandă consultarea întreprinderii constructoare.

Pentru transformatoarele montate în interior STAS 4324-70 normează umiditatea maximă la 70%.

Depunerile de umiditate pe transformatoarele de curent de tip interior vor fi evitate. Dacă acest lucru nu este posibil, se va recurge la condiţionarea aerului sau se vor alege aparate de tip exterior.

3.3.3. Impurificările atmosferice în cazul transformatoarelor de curent de exterior de fabricaţie curentă trebuie să fie suficient de reduse pentru a nu prezenta pericole deosebite. Pentru atmosfere poluate se va indica furnizorului gradul de poluare din zona de amplasare.

3.3.4. Presiunea vîntului pe aparatele de exterior se determină cu relaţia :

$$P = 0,7 \frac{V_{max.}}{16} \text{ (daN/m}^2\text{)}$$

unde $V_{max.}$ este viteza maximă a vîntului (m/s). Se determină în raport cu condiţiile climatice locale sau conform prevederilor din normativul PE 101 în cazul în care nu se cunosc datele locale.

Valoarea astfel obţinută nu trebuie să o depăşească pe cea admisă de întreprinderea constructoare.

4. NUMĂRUL FAZELOR

4.1. În circuitele monofazate, transformatoarele de curent se montează pe un singur conductor (fază). Se va căuta, pe cît posibil, ca în toate circuitele monofazate ale aceleiaşi instalaţii, transformatoarele de curent să se instaleze pe conductoare de aceeaşi polaritate.

În circuitele monofazate alimentate de la reţele trifazate şi la care unul dintre conductoare este racordat la o fază, iar celălalt la nul, transformatoarele de curent se montează de regulă pe conductorul de fază.

4.2. În circuitele trifazate, numărul fazelor pe care se montează transformatoarele de curent depinde de aparatele de măsură şi de protecţie pe care acestea trebuie să le alimenteze. În cazul instalării pe o singură fază, se alege de preferinţă faza S, iar în cazul instalării pe două faze se aleg de preferinţă fazele R şi T.

Normativul PE 503 stabileşte volumul de măsurări necesare.

Pentru măsurări de mare precizie se prevăd transformatoare de curent pe toate cele trei faze.

5. FRECVENŢA NOMINALĂ

Frecvenţa nominală a transformatoarelor de curent trebuie să fie egală cu cea a reţelei.

De asemenea, abaterile de la frecvenţa reţelei produse în exploatare nu trebuie să depăşească limitele admise de întreprinderea constructoare, pentru care sînt garantate erorile. Transformatoarele proiectate pentru 50 Hz vor putea fi utilizate şi la frecvenţe cuprinse între 15 şi 100 Hz prin modificarea corespunzătoare a clasei de precizie şi a puterii secundare, cu acordul furnizorului.

6. TENSIUNEA NOMINALĂ

6.1. Tensiunea nominală a transformatoarelor de curent va fi cel puţin egală cu cea a instalaţiei în care se montează.

În cazuri speciale se admit excepţii. De exemplu, la transformatoarele de curent situate în circuitul de legare la pămînt al punctelor neutre ale transformatoarelor sau la cele situate pe partea legată la pămînt a înfăşurărilor generatoarelor, alegerea tensiunii nominale se va face în funcţie de tensiunile maxime la frecvenţa reţelei care pot apărea în punctul respectiv, ţinînd seama de indicaţia dată la pct. 6.2.

6.2. Tensiunea maximă de lucru U_m a transformatorului de curent admisă de întreprinderea constructoare nu va fi mai mică decît tensiunea maximă de funcţionare a reţelei în punctul respectiv.

7. NIVELUL DE IZOLAŢIE

7.1. Tensiunile de încercare vor fi cel puţin egale cu cele prevăzute în STAS 4324-70.

Pentru altitudini mai mari decît 1 000 m, se vor stabili condiţii speciale, de comun acord cu întreprinderea constructoare.

◆ **7.2.** Lungimea liniei de conturnare pe suprafaţa izolatoarelor în funcţie de gradul de poluare a atmosferei este indicată în normativul PE 109.

8. CURENTUL PRIMAR NOMINAL

8.1. Curentul primar nominal I_{pn} al transformatorului de curent va fi astfel ales, încît să fie respectate condiţiile :

$$I_{nc} \leqslant I_{pn} \quad (a)$$

$$I_{md} \leqslant 1{,}2\ I_{pn} \quad (b)$$

unde : I_{nc} este curentul nominal al circuitului primar ;
I_{md} — curentul maxim de durată al circuitului primar.

Se va alege de preferință valoarea minimă care satisface condițiile de mai sus.

8.2. La transformatoarele de curent care alimentează aparatele de măsură se recomandă ca I_{pn} să nu difere mult de I_{nc}, pentru a nu mări erorile de măsură la curenți mici. În acest caz se admite ca I_{nc} să-l depășească cu maximum 20% pe I_{pn}, condiția (a) înlocuindu-se cu condiția :

$$I_{nc} \leqslant 1,2\, I_{pn} \qquad (a')$$

Astfel, pentru un circuit cu curentul nominal de 105 A, se poate alege un transformator cu curent de 100 A în locul unuia de 150 A.

8.3. Condițiile (a′) și (b) se bazează pe faptul că transformatoarele de curent admit o suprasarcină permanentă de 20%.
În cazurile în care suprasarcina admisă are altă valoare, se va face corecția corespunzătoare.

8.4. O condiție suplimentară la transformatoarele de curent care alimentează aparate de măsură indicatoare sau înregistratoare este ca scala gradată a acestora să fie prelungită peste limita superioară a domeniului de măsurare, cel puțin pînă la valoarea I_{md}.
Dacă acest lucru nu este posibil, condiția (b) se înlocuiește cu condiția :

$$I_{md} \leqslant I_{pn}, \qquad (b')$$

iar înlocuirea condiției (a) cu condiția (a′) nu este posibilă.

8.5. La transformatoarele de curent care alimentează releele de protecție diferențială ale transformatoarelor de putere sau ale grupurilor generator-transformator, curentul primar nominal determinat pe baza condițiilor de mai sus poate fi mărit la o valoare superioară, pentru a ține seama de conectarea în triunghi a înfășurărilor secundare de pe cele trei faze. Prin aceasta se evită necesitatea unor transformatoare de curent intermediare, dar precizia măsurărilor scade.

8.6. La transformatoarele de curent care alimentează releele de protecție diferențială a barelor colectoare, curentul

primar nominal determinat pe baza condițiilor de mai sus poate fi mărit la o valoare superioară în anumite celule, pentru a se utiliza transformatoare de curent identice în toate celulele. Prin aceasta se evită necesitatea unor transformatoare de curent intermediare, dar scade precizia măsurărilor (soluție mai rar folosită).

8.7. Creșterea curentului primar nominal față de valorile determinate pe baza condițiilor de mai sus se poate face de asemenea în vederea reducerii coeficientului de saturație necesar la miezurile pentru protecție, dar și în acest caz precizia măsurărilor scade.

8.8. În circuitele la care se prevede posibilitatea creșterii în viitor a curentului nominal, se recomandă alegerea unor transformatoare de curent cu două sau trei trepte ale curentului primar nominal, utilizate la început la treapta cea mai mică. Astfel de transformatoare se fabrică de obicei numai pentru tensiuni înalte.

Se menționează că pentru modificarea raportului de transformare există două soluții constructive, și anume :

— realizarea înfășurării primare din două sau mai multe secții, conectabile în serie sau în paralel ;

— realizarea unor prize intermediare la înfășurarea secundară.

Ultima soluție se folosește numai în cazurile în care nu se poate aplica prima soluție, de exemplu la transformatoarele de curent de tip bară sau cu înfășurarea primară monospirală. Ea are dezavantajul că la treptele mai mici, la care se utilizează numai o parte a înfășurării secundare, puterea secundară nominală scade cu pătratul numărului de spire. Dacă, de exemplu, întreaga înfășurare secundară are o putere de 60 VA, la folosirea unei prize intermediare situate la mijlocul înfășurării puterea scade la 15 VA.

9. CURENTUL SECUNDAR NOMINAL

9.1. Se prevede curentul secundar nominal de 5 A sau 1 A, pe baza unui calcul tehnico-economic.

9.2. În cazul conductoarelor de lungimi mari, se admite alegerea unui curent secundar nominal mai mic decît 5 A (de

regulă 1 A), în vederea reducerii consumului de putere în conductoare. Aparatele alimentate trebuie să corespundă acestei condiții.

La stațiile de 220—400 kV se prevede de regulă 1 A.

9.3. La alegerea unui curent secundar nominal mai mic decît 5 A se va ține seama de următoarele considerente:

a) Tensiunea maximă la bornele înfășurării secundare a transformatorului de curent în funcționare normală are valoarea :

$$U_{s_{max.}} = \frac{P_{sn}}{I_{sn}}$$

unde : $U_{s_{max.}}$ este tensiunea maximă la bornele înfășurării secundare a transformatorului de curent, V ;

P_{sn} — puterea nominală a înfășurării secundare, VA ;

I_{sn} — curentul secundar nominal, A.

Dacă în cazul unui scurtcircuit în rețeaua primară, curentul secundar crește de exemplu de k ori față de valoarea sa nominală, la bornele înfășurării secundare apare tensiunea U_{ssc} :

$$U_{ssc} = kU_{s_{max.}} \qquad (V)$$

După cum se constată din relațiile de mai sus, valoarea U_{ssc} crește cînd I_{sn} scade. La curenți secundari nominali mai mici decît 5 A, există pericolul ca tensiunea secundară U_{ssc} să depășească tensiunea de încercare a circuitelor secundare, apărînd pericolul străpungerii și al conturnărilor.

De fapt creșterea tensiunii secundare este mai mare decît cea a curentului secundar, din cauza faptului că la scurtcircuit variația fluxului nu mai este sinusoidală. Curba fluxului devine aproximativ dreptunghiulară și are ca urmare vîrfuri de tensiune de valoare ridicată.

b) La întreruperea accidentală a circuitului secundar al unui transformator de curent, amperspirele secundare se anulează, întregul curent primar devenind curent magnetizat. Cresc

corespunzător fluxul şi tensiunea secundară şi apare pericolul supraîncălzirii transformatorului, al străpungerilor şi al electrocutării.

Acest pericol este cu atît mai mare, cu cît curentul secundar nominal este mai mic.

10. NUMĂRUL MIEZURILOR

10.1. În principiu se prevăd miezuri (înfăşurări secundare) separate pentru alimentarea următoarelor categorii de aparate :

a) Aparate de măsură.

b) Aparate de protecţie (exclusiv protecţia diferenţială) şi automatizare.

c) Aparate pentru protecţie diferenţială.

d) Dispozitive de acţionare pentru curent operativ alternativ.

10.2. Dacă un grup de transformatoare de curent alimentează mai multe protecţii diferenţiale, pentru fiecare dintre acestea vor exista miezuri separate.

10.3. În cazuri excepţionale, bine justificate, în care transformatorul de curent nu are suficiente înfăşurări secundare cu caracteristicile necesare sau în care numărul aparatelor care trebuie alimentate de la o anumită înfăşurare este prea mare, se poate recurge la alimentarea aparatelor pentru protecţia maximală de curent de la alte înfăşurări decît cea corespunzătoare acestei protecţii, şi anume :

— de la înfăşurarea pentru măsurare, cu condiţia ca valoarea curentului de acţionare a protecţiei (treapta cea mai mare) să nu depăşească curentul de saturaţie al miezului ;

— de la înfăşurarea pentru protecţie diferenţială.

10.4. Pentru reglarea excitaţiei generatoarelor sincrone (compoundare) se vor folosi de regulă transformatoare de curent separate.

11. CLASA DE PRECIZIE

11.1. Pentru alimentarea aparatelor de măsură indicatoare şi înregistratoare montate pe tablourile de comandă este necesară pentru transformatoarele de măsură clasa de precizie 1.

◆ **11.2.** Contoarele pentru evidenţa tehnică şi comercială a energiei active şi reactive produse de generatoare, compensatoare şi motoare sincrone sau consumată de serviciile proprii ale centralelor şi staţiilor electrice, precum şi cele montate pe liniile de 110 kV sau mai mult, pe care se face schimb de energie între sistemele energetice, trebuie conectate la transformatoare de măsură avînd cel puţin clasa de precizie 0,5.

Necesitatea selecţionării va fi comunicată întreprinderii constructoare.

Pentru circuitele prin care se realizează interconexiuni cu alte ţări sau pentru circuite de mare importanţă (de exemplu pentru măsurări de randamente la grupuri generatoare), se pot prevedea înfăşurări de clasa 0,2. Astfel de cazuri se vor stabili de comun acord cu Dispecerul Energetic Naţional.

11.3. Pentru alimentarea aparatelor de protecţie şi automatizare sînt necesare în general următoarele clase de precizie :

— *clasa 1* — pentru relee direcţionale şi de distanţă, relee diferenţiale, relee de protecţie contra punerilor la pămînt ;

— *clasa 5P* — pentru relee maximale de curent şi pentru dispozitive de acţionare cu curent operativ alternativ ;

— *clasa 10P* — pentru relee diferenţiale, în cazul transformatoarelor de curent fabricate în ţară.

Utilizarea înfăşurărilor din clasa 1 pentru protecţia diferenţială se va comunica întreprinderii furnizoare a transformatoarelor de curent.

Pentru alte aparate de protecţie sau de automatizare se pot folosi, după caz, clasele 1 sau 3, ţinînd seama de faptul că la clasa 3 nu se garantează eroarea de unghi.

Pentru alimentarea releelor maximale de curent se va ţine seama şi de indicaţiile de la pct. 10.3.

La alegerea clasei de precizie pentru alimentarea diverselor aparate de protecţie şi automatizare este necesar, de asemenea, să se ia în considerare indicaţiile întreprinderilor constructoare care furnizează aparate.

Se menţionează că pentru anumite aparate de automatizare, întreprinderile constructoare livrează transformatoare de curent speciale cu precizia necesară.

12. COEFICIENTUL DE SATURAŢIE

12.1. Coeficientul de saturaţie nominal „n" al miezurilor pentru măsurare trebuie să fie suficient de mic, pentru ca la şocurile de curent să nu fie puse în pericol aparatele de măsură.

Aparatele de măsură fabricate în ţară suportă şocuri de curent de 10 ori curentul nominal. Coeficientul de saturaţie va avea deci valoarea $n < 10$ (preferabil $n < 5$).

În cazul aparatelor de măsură fabricate în străinătate, la alegerea coeficientului de saturaţie se va ţine seama de capacitatea lor de a suporta şocuri de curent.

Se menţionează că reducerea sarcinii secundare sub valoarea nominală conduce la creşterea coeficientului de saturaţie real. Acest fapt trebuie în general evitat, prin dimensionarea corespunzătoare a conductoarelor de legătură şi recurgîndu-se, la nevoie, la impedanţe adiţionale, în serie cu aparatele, astfel încît sarcina secundară să fie cît mai apropiată de cea nominală.

12.2. Coeficientul de saturaţie nominal al miezurilor pentru protecţie se va stabili în funcţie de erorile admise de instalaţiile de protecţie alimentate, ţinînd seama şi de indicaţiile întreprinderilor constructoare care furnizează aparatajul de protecţie.

12.3. Cînd coeficientul de saturaţie nominal al unui miez pentru protecţie este insuficient, există următoarele soluţii:

a) Mărirea coeficientului de saturaţie prin reducerea sarcinii secundare a înfăşurării respective. Între coeficientul de

saturaţie nominal n (garantat la sarcina secundară nominală Z_{sn}, respectiv la puterea secundară nominală S_{sn}) şi coeficientul de saturaţie real n′ la sarcina secundară Z_s (respectiv la altă putere secundară S_s) există relaţia :

$$\frac{n'}{n} = \frac{Z_{sn}}{Z_s} = \frac{S_{sn}}{S_s}$$

Se atrage atenţia însă că sarcina secundară nu poate fi redusă sub valoarea minimă pentru care sînt garantate erorile.

b) Mărirea curentului primar nominal al transformatorului de curent, ceea ce are ca urmare reducerea multiplului m al curentului primar de scurtcircuit.

Dezavantajul acestei soluţii constă în creşterea erorilor care se produc la înfăşurările de măsurare.

13. PUTEREA SECUNDARĂ NOMINALĂ

13.1. Pentru determinarea încărcării transformatoarelor de curent, se vor lua în considerare sarcinile reprezentate de aparatele alimentate, de conductoarele de legătură şi de contacte, ţinînd seama de asemenea de schema de conexiuni.

13.2. Pentru fiecare înfăşurare secundară, sarcina Z [Ω], respectiv puterea aparentă consumată S [VA] trebuie să satisfacă condiţia :

$$Z_{s_{min.}} \leqslant Z \leqslant Z_{sn}$$

$$S_{s_{min.}} \leqslant S \leqslant S_{sn}$$

unde : Z_{sn} este sarcina secundară nominală a înfăşurării respective ;

S_{sn} — puterea secundară nominală a înfăşurării ; este valabilă relaţia :

$$S_{sn} = Z_{sn} \cdot I_{sn}^2$$

$Z_{s_{min.}}$ — sarcina minimă admisă de întreprinderea constructoare, pentru care sînt garantate erorile ;
$S_{s_{min.}}$ — puterea secundară minimă corespunzătoare.

Conform STAS 4324-70, sarcina minimă şi puterea secundară minimă reprezintă următoarele fracţiuni din valoarea nominală Z_{sn} la $\cos \varphi = 0,8$ (pentru frecvenţa nominală de 50 Hz) :

— la clasele 0,1—0,2—1	—
— la clasele 0,5	25%
— la clasele 3	50%

La înfăşurările pentru protecţie se admite neîndeplinirea condiţiei de mai sus, dacă erorile suplimentare care se produc se menţin în limite admisibile pentru aparatele de protecţie alimentate.

Scăderea sarcinii secundare sub valoarea nominală măreşte coeficientul de saturaţie real, ceea ce prezintă avantaje în cazul circuitelor de protecţie. În circuitele de măsurare însă, aceasta poate pune în pericol stabilitatea electrodinamică a aparatelor la şocuri de curent. În aceste circuite se recomandă deci o încărcare cît mai apropiată de cea nominală, eventual prin adăugarea de impedanţe adiţionale în serie.

13.3. În cazul măsurărilor de mare precizie, este necesar să se ţină seama şi de factorul de putere al sarcinii secundare, care trebuie să fie egal cu 0,8.

13.4. Puterea secundară nominală a transformatoarelor de curent poate fi dublată prin legarea în serie a două înfăşurări secundare identice. Cele două înfăşurări secundare pot aparţine aceluiaşi transformator de curent sau pot face parte din două transformatoare de curent identice.

14. STABILITATEA TERMICĂ

14.1. Pentru verificarea stabilităţii termice sînt determinante curentul de scurtcircuit trifazat, bifazat sau monofazat, precum şi punctul de defect, care conduc la solicitarea termică maximă.

14.2. Curentul echivalent I_m al scurtcircuitului se determină conform Instrucţiunii PE 103.

14.3. Curentul-limită de stabilitate termică de 1 s (I_{lt}) al transformatorului de curent este indicat de întreprinderea constructoare.

Uneori este indicat coeficientul termic K_t şi, în acest caz curentul-limită de stabilitate termică rezultă din relaţia :

$$I_{lt} = K_t \cdot I_{pn}$$

Dacă în loc de I_{lt} este indicat curentul de stabilitate termică I'_{tt}, pentru o durată de timp t diferită de 1 s, în lipsa altor indicaţii se poate folosi relaţia :

$$I_{lt} = I'_{tt}\sqrt{t}$$

14.4. Transformatorul de curent este stabil termic, dacă este îndeplinită condiţia :

$$I_m \leqslant I_{lt}$$

I_m = curentul echivalent al scurtcircuitului.

14.5. Conductoarele circuitelor secundare sînt stabile termic dacă suportă timp de 1 s curentul secundar corespunzător curentului echivalent al scurtcircuitului.

În caz de necesitate, se poate ţine seama de saturaţia miezului magnetic, care limitează curentul secundar la scurtcircuit (dacă este depăşit coeficientul de saturaţie).

15. STABILITATEA ELECTRODINAMICĂ

15.1. Pentru verificarea stabilităţii electrodinamice a transformatoarelor de curent din circuitele trifazate, este determinant curentul de scurtcircuit trifazat.

15.2. Curentul de stabilitate electrodinamică I_d (amplitudine) al transformatorului de curent este indicat de întreprinderea constructoare.

Uneori este indicat coeficientul electrodinamic K_d şi în acest caz curentul de stabilitate electrodinamică rezultă din relaţia :

$$I_d = \sqrt{2}\ K_d \cdot I_{pn}$$

15.3. Transformatorul de curent este stabil electrodinamic, dacă este îndeplinită condiţia :

$$i_ş \leqslant I_d,$$

unde $i_ş$ este amplitudinea curentului de scurtcircuit de şoc.

15.4. Efortul de şoc transmis bornelor de conductoarele racordate nu trebuie să depăşească valoarea admisibilă, indicată de întreprinderea constructoare.

16. CONDIŢII DE MONTAJ ŞI EXPLOATARE

16.1. La montarea transformatoarelor de curent se vor respecta indicaţiile date de fabrica constructoare în „Instrucţiunile de montaj şi exploatare", precum şi prevederile din Fişa tehnologică F-IE-4/69 întocmită de trustul Energomontaj.

În ceea ce priveşte condiţiile generale de amplasare şi măsurile legate de paza contra incendiilor, se vor respecta prevederile normativului PE 101.

16.2. În exploatare se vor respecta prevederile prevăzute de furnizor în „Instrucţiunile de montaj şi exploatare".

Anexa 1

Exemplu de calcul

Datele necesare pentru proiectare :

1. Destinaţia circuitului primar : celulă de transformator.
2. Numărul de faze ale circuitului primar : 3.
3. Tensiunea nominală a circuitului primar : 110 kV.
   Tensiunea maximă de funcţionare conform STAS 6489-67.

4. Curentul nominal al circuitului primar :

Puterea înfăşurării : 20 MVA.

$$\text{Curentul nominal}: \frac{20\,000}{\sqrt{3} \times 110} = 105 \text{ A.}$$

În viitor se prevede înlocuirea acestui transformator cu un transformator de 40 MVA, avînd curentul nominal de 210 A.

5. Curentul maxim de durată : se admite o supraîncărcare de 25% a înfăşurării transformatorului :

$$1{,}25 \times 105 = 131 \text{ A.}$$

6. Regimul de încărcare : circuitul funcţionează în cea mai mare parte a timpului cu o sarcină apropiată de cea nominală.

7. Curentul secundar nominal (pentru aparatele la care el este impus) : aparatele de măsură şi releele sînt proiectate pentru 5 A.

8. Destinaţia aparatelor de măsură : evidenţă tehnică.

9. Condiţii speciale impuse preciziei măsurătorilor.

10. Tipul, numărul şi consumul aparatelor racordate :

— Aparate de măsură :

— 1 ampermetru E-541 pe faza S = 4 VA ;

— 2 contoare (pe faza R, T).

— Aparate pentru protecţia maximală :

— 3 relee cu curent RC-2-104 (cîte unul pe fiecare fază) = 4 VA (unitar).

— Aparate pentru protecţia de suprasarcină :

— 1 releu RC-2-6A pe faza R = 2 VA.

Transformator egalizare : 10 VA/fază.

— Aparate pentru protecţia diferenţială :

— 1 releu diferenţial (bobina de reţinere) 10 VA/fază.

11. Locul de montare a aparatelor receptoare : în camera de comandă.

Lungimea traseului de legătură între transformatoarele de curent şi aparatele alimentate : 200 m.

12. Tratarea neutrului reţelei primare : neutrul este legat direct la pămînt.

13. Timpul de declanşare propriu al fiecărei protecţii (treapta cea mai rapidă) :

— protecţia diferenţială : 0,1 s ;

— protecţia maximală şi de suprasarcină : 0,9 s.

Timpul de declanşare total al protecţiei de rezervă (întrucît există zone necuprinse în protecţia de bază) este de 0,95 s.

14. Datele de scurtcircuit (valori-plafon, care ţin seama de perspectivele de viitor) :

a) Pentru verificarea stabilității termice.

În cazul de față, scurtcircuitul trifazat este cel mai defavorabil din punct de vedere termic :

$$I''_{k_3} = 15 \text{ kA};$$

$$I_{k_3} = 13{,}2 \text{ A};$$

$$R/X = 0{,}1.$$

b) Pentru verificarea stabilității electrodinamice sînt suficiente datele de mai sus.

c) Pentru determinarea coeficientului de saturație al protecției diferențiale, se presupune un scurtcircuit în afara zonei protejate, alimentat prin transformator (în cazul transformatorului de 40 MVA) :

$$I''_{k_3} = 2\,100 \text{ A}$$

15. Curentul de acționare al protecției maximale :

$$\frac{1{,}2}{0{,}85} \cdot I_n = 150 \text{ A}$$

16. Zona geografică și altitudinea : regiune subcarpatică altitudine 500 m.

Numărul fazelor. Pentru satisfacerea necesităților protecției, se vor monta transformatoare de curent pe toate cele trei faze.

Tensiunea nominală și tensiunea maximă de funcționare vor fi egale cu cele ale circuitului primar (110 kV).

Se presupune că tensiunea maximă de funcționare a rețelei corespunde STAS 6489-67, iar transformatorul de curent va fi de fabricație indigenă, astfel încît nu va fi necesară verificarea respectării tensiunii maxime garantate.

Curentul primar nominal : I_{pn} :

Curentul nominal al circuitului primar : $I_{nc} = 105$ A.

Curentul maxim de durată :

$$I_{md} = 131 \text{ A};$$

$$I_{pn} \geqslant 105 \text{ A};$$

$$I_{pn} \geqslant \frac{131}{1{,}2} = 109 \text{ A}.$$

Întrucît $I_{md} > I_{pn}$, nu este necesară prelungirea scalei gradate a aparatului de măsură.

Pentru a se ține seama de creșterea curentului nominal, în viitor se va alege un transformator de curent cu două trepte în primar : 150—300 A.

Curentul secundar nominal I_s

Se prevede $I_{sn} = 5$ **A**

Raportul de transformare nominal :

$$K_n = 150/5 \text{ A}$$

Numărul miezurilor. Sînt necesare trei miezuri, pentru următoarele categorii de aparate : măsură, protecție maximală și de suprasarcină, protecție diferențială.

Clasa de precizie

Înfășurarea pentru măsură : clasa 0,5 (aparate indicatoare + contoare) ; înfășurarea pentru protecție : clasa P ; înfășurarea pentru protecție diferențială : clasa P.

Pe baza datelor stabilite mai sus se alege provizoriu transformatorul de curent 2 × 150/5/5 A, clasa 0,5/P/P.

Coeficient de saturație :

— Miezul pentru măsură : $n<10$.
— Miezul de protecție : $n>20$.
— Miezul pentru protecția diferențială :

$$m = \frac{I''_{K_3}}{i_{in}} = \frac{2\,100}{300} = 7.$$

S-a luat în considerare curentul de scurtcircuit la un defect produs în afara zonei protejate.

Coeficientul mare ține seama de aportul componentei aperiodice a curentului de scurtcircuit, la $t_{prot.} = 0{,}1$ s :

$$K_a = 1{,}8$$

Rezultă coeficientul de saturație :

$$n > K_a\, m = 1{,}8 \times 7 = 12{,}6$$

Condiția este satisfăcută, întrucît coeficientul de saturație al miezului este :

$$n > 20.$$

Puterea secundară nominală

1. Înfășurarea pentru măsură :

a) Puterile consumate de aparate și contacte :

Fazele R și T :	2 contoare	1,2 VA
	contacte	2,5 VA
		$P_1 = P_3 = 3{,}7$ VA

Faza S : 1 ampermetru E — 541	4 VA
contacte	2,5 VA
	$P_2 = 6{,}5$ VA

b) Încărcarea înfăşurării se calculează cu relaţiile din lucrarea „Instalaţii electrice ale centralelor şi staţiilor".

Pentru aparatele de măsură :

$$P_R = P_1 + 1{,}1\ P_c\ ;$$

$$P_S = P_2 + 1{,}1\ P_c\ ;$$

$$P_T = P_3 + 1{,}1\ P_c\ .$$

Înfăşurarea de protecţie

Pentru releele de protecţie :

Valoarea maximă :

$$P_r = P_1 + P_0 + 2\,P_c$$

$$P_s = P_2 + P_0 + 2\,P_c$$

Valoarea minimă :

$$P_r = P_1 + P_c$$

$$P_s = P_2 + P_c$$

$$P_t = P_3 + P_c$$

c) Prin încercări, se alege secţiunea conductorului $s = 6\ mm^2$.

Puterea consumată în conductoare :

$$P_c = \rho \frac{L}{S} I_{sn}^2 = \frac{1}{57} \times \frac{200}{6} \times 5^2 = 14{,}7\ \text{VA}$$

$$P_R = P_T = P_1 + 1{,}1\ P_c = 3{,}7 + 1{,}1 \times 14{,}7 = 19{,}9\ \text{VA}$$

$$P_s = P_2 + 1{,}1\ P_c = 6{,}5 + 1{,}1 \times 14{,}7 = 22{,}7\ \text{VA}$$

Puterea nominală a înfăşurării : $P_{sn} = 30$ VA

Este îndeplinită condiţia :

$$0{,}25\ P_{sn} < P \leqslant P_n$$

$$0{,}25 \times 30 = 7{,}5 < 20 < 22{,}7 < 30$$

Puterea reală consumată este apropiată de cea nominală, deci nu sînt necesare rezistențe adiționale.

d) Încărcarea înfășurărilor în regim de scurtcircuit (pentru protecția maximală)

Prin încercare se alege secțiunea conductei 10 mm^2 ; $P_0=8,6$ VA

$$P_r=P_1+P_0+2\,P_c=11+0+2\times 8,6=28,2 \text{ VA}$$

Valoarea minimă :

$$P_s=P_t=P_2+P_c=6,5+8,6=15,1 \text{ VA}$$

Puterea înfășurării de clasa P este indicată în catalog = 30 VA. Este îndeplinită condiția :

$$0,25\,P_{sn}<P<P_{sn}$$

$$0,25\times 30=7,5<15,1<28,2<30$$

2. Înfășurarea pentru protecția diferențială :

a) Puterile consumate pe fiecare fază :

releu diferențial	
(înfășurare de reținere) :	10 VA
contacte	2,5 VA
	P=12,5 VA

Puterea consumată de transformatoarele intermediare :

$$P_t=10 \text{ VA}$$

Încărcarea înfășurărilor, conform lucrării menționate. Valoarea maximă :

$$P_R=P_s=P_T=P_T+\frac{1}{k^2}\,3\,P_d'+\frac{1}{k^2}\cdot 3\,P_c'$$

Valoarea minimă :

$$P_R=P_s=P_T=P_T+\frac{1}{k^2}\,2\,P_a+\frac{1}{k^2}\cdot 2\,P_c'$$

b) Prin încercări se alege secțiunea conductorului :

$$s=10 \text{ mm}^2$$

Puterea consumată în conductoare :

$$P_c=\rho\,\frac{L}{S}\,I_{sn}^2=\frac{1}{57}\times\frac{200}{10}\times 5^2=8,6 \text{ VA}$$

c) Încărcarea înfăşurărilor în regim de scurtcircuit :

Valoarea maximă :

$$P_R = 10 + \frac{1}{1{,}73^2} \times 3 \times 12{,}5 + \frac{1}{1{,}73^2} \times 3 \times 8{,}65 = 31 \text{ VA}$$

Valoarea minimă :

$$P_R = 10 + \frac{1}{1{,}73^2} \times 2 \times 12{,}5 + \frac{1}{1{,}73^2} \times 2 \times 8{,}65 = 24{,}15 \text{ VA}$$

Puterea nominală a înfăşurării :

$$P_{sn} = 30 \text{ VA}$$

Este îndeplinită condiţia :

$$0{,}25\ P_{sn} < P \leqslant P_{sn}$$

$$0{,}25 \times 30 = 7{,}5 < 24{,}15 < 31 \simeq 30$$

Stabilitatea termică

1. În cazul dat, scurtcircuitul trifazat este cel mai defavorabil.

2. Determinarea coeficientului m :

Valoarea raportului R/X : $R/X = 0{,}1$

Din curba $\varkappa = f(R/x)$ din instrucţiunile PE 103 rezultă $\varkappa = 1{,}75$

La timpul de declanşare total : $t = 0{,}95$ s, din curba $m = f(t)$ rezultă $m \simeq 0$

3. Determinarea coeficientului n :

Pentru raportul :

$$\frac{I''_{k_3}}{I_{k_3}} = \frac{15}{13{,}2} = 1{,}14$$

din curba $n = f(t)$ din instrucţiunile PE 103, rezultă $n = 0{,}97$

4. Determinarea curentului mediu echivalent :

$$I_m = I''_{k_3} \sqrt{(m+n)t} = 15\,000 \sqrt{(0+0{,}97) \times 0{,}95} = 14\,400 \text{ A}$$

5. Curentul de stabilitate termică de 1 s al transformatorului de curent :

$$I_{lt} = 20\,000 \text{ A}$$

Condiţia de stabilitate termică este îndeplinită :

$$I_m \leqslant I_{lt}$$

$$14\,400 < 20\,000$$

6. Verificarea stabilității termice a conductoarelor :

$$\frac{aI_m}{K_n J_t} \leqslant S$$

În etapa de perspectivă, cînd se va atinge puterea de scurtcircuit la care se face verificarea, transformatorul de 20 MVA va fi înlocuit cu un transformator de 40 MVA, iar curentul primar nominal al transformatoarelor de curent va fi stabilit pe treapta de 300 A, deci raportul de transformare va fi :

$$K_n = \frac{300}{5} = 60$$

a) Conductoarele circuitelor de măsură :

$$a = 1 \ ; \ j_t = 130 \ \text{A/mm}^2 \ ; \ s = 6 \ \text{mm}^2$$

$$\frac{1 \times 14\,400}{60 \times 130} = 1{,}85 < 6$$

b) Conductoarele circuitelor de protecție diferențială și maximală :

$$a = 3 \ ; \ j_t = 130 \ \text{A/mm}^2 \ ; \ s = 10 \ \text{mm}^2$$

$$\frac{3 \times 14\,400}{60 \times 130} = 6{,}5 < 10$$

Conductoarele sînt stabile termic.

Stabilitatea electrodinamică

1. Curentul de stabilitate electrodinamică al transformatorului de curent este indicat în catalog sub forma :

$$I_d = 1{,}8\sqrt{2}\, I_{1t} = 1{,}8\sqrt{2} \times 20\,000 = 51\,000 \ \text{A}$$

Condiția de stabilitate electrodinamică este îndeplinită :

$$\varkappa\sqrt{2}\, I''_{k_3} \leqslant I_d$$

$$1{,}75\sqrt{2} \times 15\,000 = 37\,200 < 51\,000$$

2. Efortul admisibil la borne = 100 kg (informativ).

Pe baza datelor obținute din calculul conductoarelor de racord, se verifică dacă această valoare nu este depășită (40 kg).

◆ *Anexa 2*

Transformator de curent

Destinația transformatorului de curent	Stația (centrala) Gradul de poluare al zonei Circuitul	110/10 kV II Transformator 20 (40) MVA
Tipul și furnizorul		CESU 110 B CIMAE — Craiova
Greutatea (masa)	Totală (kg masă) Ulei (kg masă)	750 250

Caracteristici		Unitatea de măsură	Valori	
			Necesară	Garantată
Frecvența		Hz	50	50
Tensiunea nominală		kV	110	123
Nivel de izolație (rețea cu neutrul legat la pămînt)	Tensiunea de ținere la unda de șoc (1,2/50 μs)	$kV_{max.}$	450	450
	Tensiunea de ținere la frecvența industrială, 50 Hz	$kV_{ef.}$	185	185
	Linie de fugă specifică	cm/kV	2	2,1
Curentul	Nominal primar în serviciu continuu	A	105	150
	Prezumat primar al circuitului în regim de suprasarcină	A	131	—
	Nominal secundar	A	5	5
Curentul limită termică (mediu echivalent de 1 s)		kA	14,4	20
Curentul limită dinamic		kA	37,2	51
Efort la borne	Longitudinal	daN	40	100
	Transversal	daN	—	—
Înfășurarea 1 (măsură)	Coeficient saturație			<10
	Putere	(VA)	22,7	30
Înfășurarea 2	Coeficient saturație		12,6	>20
	Putere	(VA)	24,15 (31)	30
Înfășurarea 3	Coeficient saturație			>10
	Putere	(VA)	39	15,1 (28,2)

Lucrarea nr. ....
Centrala sau staţia ....
Circuitul: celulă de transformare, 110 kV

Anexa 3

Transformatoare de curent

Încărcarea înfăşurărilor

Înfăşurarea	Conexiunea	Aparatele racordate	Nr. aparatelor	Sarcina unitară			Sarcina totală																				
				R	X	P	Z_1		P_1	Z_2		P_2	Z_3		P_3	P	P_0	P_T	P'_1	P'_2	P'_3	P'_0	P'_d	R_c	P_c	P'_c	P''_c
							R_1	X_1		R_2	X_2		R_3	X_3													
				Ω	Ω	VA	Ω	Ω	VA	Ω	Ω	VA	Ω	Ω	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	Ω	VA	VA	VA
Cl. 0,5	Fig. C	Ampermetru E-541	1			4,0						4,0															
		Contor CCA—32B	1			0,6			0,6						0,6												
		Contor CR-32 B	1			0,6			0,6						0,6												
		Contacte (0,1 Ω)	—			2,5			2,5			2,5			2,5												
		Conductoare (6 mm²—200 m)	—			—																			14,7		
		Total	—			—			3,7			6,5			3,7										14,7		

Cl. P	Fig. K	Releu diferențial	1			10,0																	10				
		Transformator intermediar $5/\frac{5}{\sqrt{3}}$ A	3			10,0											10,0										
		Contacte (0,1 Ω)	—			2,5																	2,5				
		Conductoare (10 mm²—200 m)	—			—																			8,6		
		Total	—			—											10,0						12,5		8,6		
Cl. P	Fig. C	Releu curent RC 2—6 A	1			2			2																		
		Releu curent RC 2—10 A	3			4			4			4			4												
		Contacte (0,1 Ω)				2,5			5			2,5			2,5												
		Conductoare (10 mm²—200 m)																							8,6		
		Total				1			11			6,5			6,5										8,6		

Notă: Figurile menționate în tabel fac parte din lucrarea „Instalații electrice ale centralelor și stațiilor", de ing. V. I. Nitu, Editura tehnică, București, 1972.

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucţiuni pentru proiectarea staţiilor de conexiuni şi transformare Conductoare neizolate rigide	PE 111-4/75 Grupa 1 Electro-energetică

CUPRINS

Pag.

Aprobat prin ordinul M.E.E. nr. 579/2.08.75	Înlocuieşte:	Data intrării în vigoare: 1 decembrie 1975

1. DOMENIUL DE APLICARE

Se aplică la dimensionarea sau la verificarea căilor de curent constituite din conductoare neizolate rigide din posturile de transformare, stațiile de conexiuni și de transformare, inclusiv cele din stațiile aferente centralelor electrice.

2. PRESCRIPȚIILE TEHNICE EXISTENTE

◆ 2.1. Standarde

STAS 7944-67. Bare conducătoare de curent din instalații interioare. Curenți maximi admisibili de durată.

STAS 3322-70. Bare dreptunghiulare din aluminiu.

STAS 392-76. Bare dreptunghiulare din cupru.

STAS 524-74. Țevi rotunde din aluminiu.

STAS 523-74. Țevi rotunde trase din cupru.

STAS 2339-73. Bare rotunde din aluminiu.

STAS 391-72. Bare rotunde din cupru.

STAS 4936-71. Centrale de stații electrice de conexiuni și transformare. Bare și barete colectoare. Marcare.

STAS 200-75. Încercările metalelor. Încercarea la tracțiune.

◆ 2.2. Prescripții tehnice departamentale

PE 101/77. Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.

PE 102/69. Normativ pentru proiectarea instalaţiilor de conexiuni şi distribuţie cu tensiuni pînă la 1 000 V c.a. în unităţile energetice.

PE 103/70. Instrucţiuni pentru dimensionarea şi verificarea instalaţiilor electroenergetice la solicitări mecanice şi termice, în condiţiile curenţilor de scurtcircuit.

Semnificaţia termenilor folosiţi în prezenta instrucţiune pentru definirea diferitelor grade de obligativitate a prevederilor conţinute, de felul : trebuie, este necesar, urmează, de regulă, se recomandă, se admite, au semnificaţia prezentată în normativul M.E.E. PE 101.

3. MATERIALUL CONDUCTOARELOR

3.1. Conductoarele neizolate rigide active se realizează de regulă din bare dreptunghiulare, tuburi ori profile din aluminiu sau din aliaje din aluminiu.

3.2. În situaţii excepţionale, cu o temeinică justificare, se pot folosi conductoare de cupru. Astfel de situaţii pot fi :

— realizarea unor căi de curent în instalaţii cu curenţi de scurtcircuit mari, la care obţinerea rezistenţelor mecanice nu este posibilă utilizînd profilele de aluminiu în fabricaţie ;

— utilizarea din motive constructive a unor căi de curent cu secţiuni mai mici decît a celor din aluminiu, pentru acelaşi curent nominal ;

— realizarea unor îmbinări prin contact, capabile să vehiculeze prin aceeaşi suprafaţă de contact curenţi mai mari decît în cazul aluminiului.

◆ **3.3.** În zonele în care atmosfera prezintă o acţiune corosivă asupra barelor de aluminiu, în apropierea unor industrii chimice, metalurgice, siderurgice, miniere, textile, de construcţii, pe malul mării etc., se vor folosi materiale care nu sînt atacate de agenţii respectivi.

Această măsură nu este în general necesară dacă între instalaţia energetică şi sursa de contaminare a atmosferei este respectată o distanţă de protecţie corespunzătoare indicată în normativul PE 109.

3.4. În sălile de acumulatoare, în cazul folosirii conductoarelor neizolate, se prevăd, de regulă, bare de cupru rotunde.

4. CURENTUL MAXIM DE DURATĂ

4.1. Temperatura maximă de regim a conductoarelor nu trebuie să depăşească de regulă +70°C.

Temperaturi mai mari de +70°C pot fi admise în cazuri excepţionale, bine justificate, adoptîndu-se măsuri speciale de protejare a contactelor.

4.2. Temperatura maximă a aerului în exterior se determină pe baza datelor climatice statistice ale regiunii de amplasare. Se ia în considerare temperatura maximă absolută care apare cel puţin o dată la 10 ani pentru instalaţiile cu tensiunea nominală pînă la 110 kV, inclusiv, şi cel puţin o dată la 15 ani pentru instalaţii cu tensiunea nominală mai mare de 110 kV.

Dacă pentru instalaţii din R. S. România nu se cunosc datele climatice statistice ale regiunii de amplasare, se pot adopta următoarele date-limită :

— altitudini pînă la 700 m : +40°C ;
— altitudini peste 700 m : +30°C.

Temperatura maximă a aerului în interior se determină de la caz la caz.

4.3. Secţiunea conductorului trebuie astfel aleasă, încît să fie îndeplinită condiţia :

$$I_{md} \leqslant I_{da}$$

în care :

I_{md} este curentul maxim de durată al circuitului ;

I_{da} — curentul de durată admisibil al conductorului la temperatura maximă a aerului înconjurător.

Tabelul 1

Curenții maximi admisibili de durată pentru barele dreptunghiulare de aluminiu pozate pe muchie
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

Dimensiunile barelor, mm (h × b)	Nr. barelor în paralel	Curenții maximi admisibili de durată, A				Valorile caracteristice pentru o singură bară					
		Curent alternativ		Curent continuu		Secțiunea, mm^2	Masa kg/m	Momentele de inerție		Modulele de rezistență	
		Bare nevopsite	Bare vopsite	Bare nevopsite	Bare vopsite			J_x, cm^4	J_y, cm^4	W_x, cm^3	W_y, cm^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15×2	1	115	145	115	150	30	0,081	0,0563	0,00100	0,075	0,0100
*	2	205	245	210	260						
15×3	1	140	170	140	180	45	0,122	0,0844	0,00338	0,113	0,0225
	2	255	305	260	310						
20×2	1	145	190	150	195	40	0,108	0,133	0,00133	0,133	0,0133
*	2	265	320	270	340						
20×3	1	175	225	180	230	60	0,162	0,200	0,00450	0,200	0,0300
	2	325	390	340	400						
20×5	1	235	300	240	310	100	0,270	0,333	0,0208	0,333	0,0833
	2	425	505	445	530						
25×3	1	220	275	225	280	75	0,203	0,391	0,00563	0,313	0,0375
	2	400	470	410	495						

25×5	1	280	355	285	370	125	0,338	0,651	0,0260	0,521	0,104
	2	520	615	530	630						
30×3	1	250	325	270	335	90	0,243	0,675	0,00675	0,450	0,0450
	2	465	550	485	575						
30×5	1	325	415	335	435	150	0,405	1,125	0,0313	0,750	0,125
	2	605	720	630	740						
40×3	1	340	425	345	435	120	0,324	1,60	0,0090	0,800	0,060
	2	605	725	635	760						
40×5	1	425	530	435	555	200	0,540	2,67	0,0417	1,33	0,167
	2	785	920	800	955						
40×10	1	625	770	650	805	400	1,080	5,33	0,333	2,67	0,667
	2	1080	1380	1210	1425						
	3	1635	1900	1720	2010						
	2+2	2180	2590								
50×5	1	515	645	540	680	250	0,675	5,21	0,0521	2,08	0,208
	2	945	1115	985	1175						
	3	1355	1610	1475	1725						
	2+2	1815	2130								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50×10	1	755	940	790	975	500	1,350	10,4	0,417	4,17	0,833
	2	1390	1660	1465	1750						
	3	1935	2250	2095	2460						
	2+2	2610	3060								
60×5	1	605	770	640	805	300	0,810	9,00	0,0625	3,00	0,250
	2	1090	1335	1160	1390						
	3	1570	1840	1720	1955						
	4			2240	2530						
	2+2	2100	2440								
60×10	1	880	1105	930	1150	600	1,62	18,0	0,500	6,00	1,00
	2	1610	1930	1730	2000						
	3	2300	2620	2455	2875						
	4			3145	3620						
	2+2	3025	3495								
80×5	1	820	1010	845	1045	400	1,08	21,3	0,0833	5,33	0,333
	2	1415	1725	1530	1840						
	3	1995	2300	2240	2530						
	4			2905	3220						
	2+2	2700	2990								

80×10	1	1135	1435	1190	1495	800	2,16	42,7	0,667	10,7	1,33
	2	2055	2460	2195	2645						
	3	2855	3290	2995	3680						
	4			4115	4715						
	2+2	3810	4370								
100×5	1	990	1240	1035	1290	500	1,35	41,7	0,104	8,33	0,417
	2	1740	2160	1875	2300						
	3	2420	2815	2685	3105						
	4			3510	3910						
	2+2	3145	3565								
100×10	1	1390	1750	1450	1815	1000	2,70	83,3	0,833	16,7	1,67
	2	2480	2930	2710	3220						
	3	3385	3910	3870	4485						
	4			5080	5750						
	2+2	4475	4945								
120×10	1	1630	2035	1720	2160	1200	3,24	144	1,00	24,0	2,00
	2	2905	3390	3265	3795						
	3	3930	4350	4720	5290						
	4			6170	6785						
*	2+2	5200	5650								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
120×15	1	1995	2515	2115	2645	1800	4,86	216	3,38	36,0	4,50
	2	3510	4070	3930	4715						
	3	4720	5345	5810	6410						
	4			7620	8165						
*	2+2	5750	6555								
160×10	1	2115	2645	2240	2815	1600	4,32	341	1,33	42,7	2,67
	2	3630	4370	4115	5000						
	3	5120	5750	6050	6900						
	4			7865	8740						
*	2+2	6415	7130								
160×15	1	2540	3160	2780	3450	2400	6,48	512	4,50	64,0	6,00
	2	4355	5115	5200	6095						
	3	5870	6610	7500	8395						
	4			9800	10695						
*	2+2	7560	8510								
200×10	1	2600	3275	2780	3500	2000	5,40	667	1,67	66,7	3,33
	2	4410	5290	5200	6210						
	3	6000	6785	7500	8510						
	4			9800	10810						
*	2+2	7750	8625								
200×15	1	3080	3795	3450	4255	3000	8,10	1000	5,63	100	7,51
	2	5080	5980	6355	7530						
	3	6850	7565	9255	10350						
	4			12220	13110						
*	2+2	8835	9430								

* Secțiuni de bare necuprinse în STAS 3322-70.

Tabelul 2

Curenţii maximi admisibili de durată pentru profile [de aluminiu *
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

Profilul normal	Curenţii maximi admisibili de durată (curent alternativ), A				Secţiunea, mm²	Masa, kg/m
	Bare nevopsite		Bare vopsite			
	[	[ ]	[	[ ]		
6	830	1660	1065	2180	448	1,22
8	1380	2420	1765	3075	858	2,32
10	1880	3260	2420	4175	1270	3,47
12	2540	4535	3290	5685	1900	5,17
14	3140	5565	4050	7020	2450	6,66
16	3750	6535	4840	8470	3070	8,34
18	4350	7845	5745	9920	3760	10,2
20	5200	8955	6655	11495	4510	12,2

Profilul normal DIN 46424	Dimensiunile (conf. fig. 2), mm					Valorile caracteristice pentru o singură bară			
						Momentele de inerţie, cm⁴		Modulele de rezistenţă, cm³	
	h	b	g	e	i	J_x	J_y	W_x	W_y
6	60	30	4	8,96	25	23,5	3,71	7,83	1,76
8	80	37,5	6	11,3	25	77,5	10,7	19,4	4,08
10	100	37,5	8	11	25	167	14,3	33,4	5,38
12	120	45	10	13,3	30	356	30,5	59,3	9,63
14	140	52,5	12	15,3	35	632	54,2	90,3	14,5
16	160	60	12	17,3	40	1040	89,2	130	20,9
18	180	67,5	13	19,2	45	1620	139	180	28,8
20	200	75	14	21,2	50	2410	207	241	38,4

* Valori calculate după Formel und Tabellenbuch — SIEMENS, 1965.

Tabelul 3

Curenții maximi admisibili de durată pentru barele tubulare de aluminiu
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

Dimensiunile barelor, mm	Curenții maximi admisibili de durată (alternativ și continuu), A		Secțiunea, mm²	Masa, kg/m	Momentul de inerție J, cm⁴	Modulul de rezistență W, cm³
	Bare nevopsite	Bare vopsite				
16×1,5	250	295	68,3	0,184	0,181	0,226
20×1,5	290	345	87,2	0,235	0,375	0,375
22×2	360	425	125,7	0,339	0,635	0,576
30×1,5	425	500	134,3	0,363	1,367	0,911
30×2	490	575	175,9	0,475	1,733	1,15
30×2,5	545	640	216,0	0,583	2,059	1,37
40×2	650	765	238,8	0,645	4,322	2,16
40×2,5	720	850	294,5	0,795	5,200	2,60
45×2,5	795	935	333,8	0,901	7,562	3,36
50×2,5	895	1040	373,1	1,01	10,55	4,22
55×2,5	920	1150	412,3	1,11	14,23	5,18
60×3	1070	1340	537	1,45	21,88	7,29
70×3	1235	1545	631	1,70	35,50	10,14
80×3	1415	1770	726	1,96	53,87	13,47
80×4	1655	2035	955	2,58	69,15	17,29
85×5	1920	2400	1257	3,40	100,92	23,74
95×2,5	1540	1925	726	1,96	77,76	16,37
100×5	2270	2840	1492	4,03	168,8	33,76

În cazurile în care curentul maxim de durată al circuitului nu coincide în timp cu temperatura maximă a aerului înconjurător, se poate ține seama de acest fapt, alegînd o secțiune mai mică decît ar rezulta pe baza condiției de mai sus.

4.4. Curenții de durată admisibili ai conductoarelor uzuale, dispuse orizontal, la temperatura ambiantă de +25°C și la temperatura conductorului de +70°C, pentru instalații situate în interior, sînt indicați în tabelele 1—7, conform STAS

7944-67. Ei sînt valabili pentru o rezistivitate a materialului barelor de maximum 0,02898 Ω mm²/m, pentru aluminiu şi de 0,01786 Ω mm²/m pentru cupru.

În legătură cu valorile cuprinse în tabele, se dau în plus următoarele indicaţii suplimentare :

a) Sînt indicaţi în tabele curenţii de durată admisibili atît pentru bare vopsite, cît şi pentru bare nevopsite.

De regulă, barele din instalaţiile interioare se vopsesc.

Pentru marcarea barelor se vor folosi culorile şi simbolurile conform STAS 4936-71.

În cazul pachetelor de bare dreptunghiulare vopsite, se face vopsirea numai pe perimetrul exterior, ceea ce uşurează condiţiile de execuţie şi de montare.

b) În pachetele de bare dreptunghiulare compuse din două şi trei bare, distanţa liberă dintre bare va fi egală cu grosimea barelor.

Pachetele compuse din patru bare pot fi realizate în două moduri (fig. 1) :

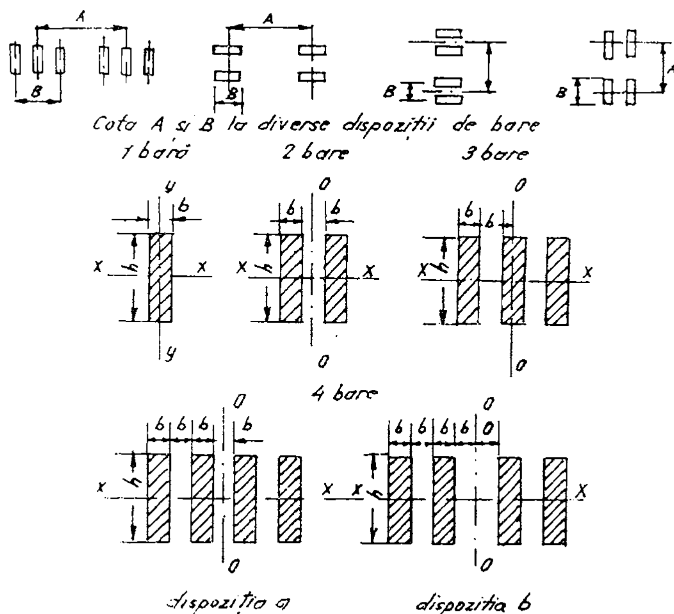


Fig. 1. Definirea notaţiilor la barele dreptunghiulare.

Tabelul 4

Curenții maximi admisibili de durată pentru barele dreptunghiulare de cupru pozate pe muchie
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

Dimensiunile barelor, mm (h × b)	Nr. barelor în paralel	Curenții maximi admisibili de durată, A				Valorile caracteristice pentru o singură bară					
		Curent alternativ		Curent continuu		Secțiunea, mm^2	Masa, kg/m	Modulele de rezistență		Momentele de inerție	
		Bare ne-vopsite	Bare vopsite	Bare ne-vopsite	Bare vopsite			J_x, cm^4	J_y, cm^4	W_x, cm^3	W_y, cm^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20×3	1	265	290	270	295	60	0,53	0,200	0,00450	0,200	0,0300
	2	460	500	470	515						
20×5	1	355	385	365	390	100	0,89	0,333	0,0208	0,333	0,0833
	2	605	660	615	670						
25×3	1	325	355	335	360	75	0,67	0,391	0,00563	0,313	0,0375
	2	555	615	570	625						
25×5	1	425	465	430	470	125	1,11	0,651	0,0260	0,521	0,104
	2	725	790	740	800						
30×5	1	485	530	495	540	150	1,34	1,125	0,0313	0,750	0,125
	2	845	920	870	945						
40×3	1	510	545	520	555	120	1,07	1,60	0,0090	0,800	0,0600
	2	860	930	895	965						

40×5	1	630	710	640	715	200	1,78	2,67	0,0417	1,33	0,167
	2	1090	1180	1125	1215						
40×10	1	920	1000	930	1025	400	3,56	5,33	0,333	2,67	0,667
	2	1635	1770	1695	1830						
	3	2240	2430	2420	2570						
	2+2	3025	3305								
50×5	1	760	850	785	870	250	2,23	5,21	0,0521	2,08	0,208
	2	1330	1410	1390	1500						
	3	1995	2065	2115	2205						
	2+2	2540	2715								
50×10	1	1115	1215	1160	1260	500	4,45	10,4	0,417	4,17	0,833
	2	1935	2125	2060	2240						
	3	2720	2890	3020	3185						
	2+2	3630	3930								
60×5	1	920	1000	945	1025	300	2,67	9,00	0,0625	3,00	0,250
	2	1510	1685	1570	1770						
	3	2130	2300	2300	2475						
	4			3020	3245						
	2+2	2905	3125								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60×10	1	1285	1415	1330	1475	600	5,34	18,0	0,500	6,00	1,00
	2	2300	2475	2420	2595						
	3	3145	3305	3380	3540						
	4			4420	4485						
	2+2	4235	4365								
80×5	1	1170	1260	1210	1300	400	3,56	21,3	0,0833	5,33	0,333
	2	2055	2240	2180	2360						
	3	2780	2950	3025	3185						
	4			3870	4010						
	2+2	3630	3775								
80×10	1	1670	1840	1755	1970	800	7,12	42,7	0,667	10,7	1,33
	2	2780	2950	3145	3305						
	3	3750	3895	4475	4600						
	4			5810	5900						
	2+2	5080	5310								
100×5	1	1450	1590	1510	1650	500	4,45	41,7	0,104	8,33	0,417
	2	2480	2715	2720	2950						
	3	3445	3540	3810	4010						
	4			4900	5075						
	2+2	4235	4485								

100×10	1	2050	2215	2175	2360	1000	8,90	83,3	0,833	16,7	1,67
	2	3385	3655	3870	4245						
	3	4415	4720	5445	5780						
	4			7015	7315						
	2+2	6050	6370								
120×10	1	2420	2595	2600	2670	1200	10,7	144	1,0	24,0	2,00
	2	3750	4130	4475	4955						
	3	4960	5310	6290	6725						
	4			8105	8495						
	2+2	6900	7200								
160×10 *	1	3020	3300	2800	3390	1600	14,2	341	1,33	42,7	2,67
	2	4720	5180	4800	5800						
	3	6400	6830	6900	8350						
	4			9000	7250						
	2+2	8825	9200								
200×10 *	1	3630	3950	3400	4100	2000	17,8	667	1,67	66,7	3,33
	2	5750	6250	6000	7250						
	3	7670	8140	8500	10300						
	4			11000	13300						
	2+2	10650	11100								

* Secțiuni de bare necuprinse în STAS 392-71 și STAS 2873-68.

Tabelul 5

Curenţii maximi admisibili de durată pentru profile [de cupru

(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

Profilul normal	Curenţii maximi admisibili de durată (curent alternativ), A				Secţiunea, mm²	Masa, kg/m
	Bare nevopsite		Bare vopsite			
	[	[ ]	[	[ ]		
6	1200	2400	1330	2660	448	3,99
8	1760	3510	2180	3870	858	7,65
10	2790	4720	3025	5200	1270	11,3
12	3750	6410	4115	7140	1900	16,9
14	4600	6860	5080	8830	2450	21,8
16	5450	9560	6050	10650	3070	27,3
18	6520	11120	7260	12460	3760	33,5
20	7500	12950	8350	14400	4510	40,1

Profilul normal	Dimensiunile (conf. fig. 2), mm					Valorile caracteristice pentru o singură bară			
						Momentele de inerţie x — [— — x		Modulele de rezistenţă y -- |— —| -- y	
	h	b	a	e	i	J_x, cm⁴	J_y, cm⁴	W_x, cm³	W_y, cm³
6	60	30	4	8,96	25	23,5	3,71	7,83	1,76
8	80	37,5	6	11,3	25	77,5	10,7	19,4	4,08
10	100	37,5	8	11	25	167	14,3	33,4	5,38
12	120	45	10	13,3	30	356	30,5	59,3	9,63
14	140	52,5	12	15,3	35	632	54,2	90,3	14,5
16	160	60	12	17,3	40	1040	89,2	130	20,9
18	180	67,5	13	19,2	45	1620	139	180	28,8
20	200	75	14	21,2	50	2410	207	241	38,4

Tabelul 6

Curenţii maximi admisibili de durată pentru barele tubulare de cupru
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

Dimensiunile barelor, mm	Curenţii maximi admisibili de durată (alternativ şi continuu), A		Secţiunea, mm^2	Masa, kg/m	Momentul de inerţie J, cm^4	Modulul de rezistenţă W, cm^3
	Bare nevopsite	Bare vopsite				
15×1,5	265	315	63,6	0,57	0,147	0,196
18×2	340	425	100,5	0,90	0,327	0,364
20×2	370	465	113,1	1,01	0,464	0,464
22×2	405	510	125,7	1,12	0,635	0,576
24×2	440	550	138,2	1,23	0,843	0,703
26×2	480	600	150,8	1,34	1,093	0,841
30×2,5	610	765	216,0	1,93	2,059	1,37
32×2	592	735	188,5	1,68	2,130	1,33
32×3	715	895	273,3	2,43	2,904	1,81
32×4	810	1015	351,9	3,13	3,519	2,20
34×2,4	680	850	247,4	2,20	3,088	1,82
40×2	720	905	238,8	2,13	4,322	2,16
40×2,5	805	1010	294,5	2,62	5,200	2,60
40×3	880	1100	348,7	3,10	6,007	3,00
40×4	995	1245	452,4	4,02	7,419	3,71
45×2,5	880	1100	333,8	2,98	7,562	3,36
50×2,5	975	1220	373,1	3,32	10,55	4,22
50×3	1090	1365	443,0	3,94	12,28	4,91
55×3	1165	1455	490,1	4,36	16,62	6,04
70×4	1690	2110	829,4	7,38	45,33	12,95
80×4	1920	2400	955,1	8,49	69,15	17,29
80×5				10,48		

Tabelul 7

Curenţii maximi admisibili de durată pentru barele rotunde de cupru
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

Diametrul barelor, mm *	Curenţii maximi admisibili de durată (alternativ şi continuu), A		Secţiunea, mm²	Masa, kg/m	Momentul de inerţie J, cm⁴	Modulul de rezistenţă W, cm³
	Bare nevopsite	Bare vopsite				
6	130	140	28,27	0,252	0,0064	0,0212
7	170	180	38,48	0,343	0,0118	0,0337
8	200	215	50,28	0,447	0,0201	0,0503
10	255	300	78,54	0,699	0,0491	0,0982
12	325	385	113,1	1,007	0,102	0,170
14	395	465	153,9	1,370	0,189	0,269
15	440	520	176,7	1,573	0,249	0,331
16	480	565	201,1	1,789	0,322	0,402
18	565	665	254,2	2,265	0,515	0,573
20	655	770	314,2	2,796	0,785	0,785

* Conform STAS 391-72.

Tabelul 8

Coeficienţii de corecţie pentru diverse temperaturi ale aerului înconjurător şi ale conductorului, (k_1)

Temperatura aerului înconjurător, °C	Temperatura conductorului, °C					
	55	60	65	70	75	80
0	1,140	1,181	1,218	1,255	1,280	1,305
10	1,033	1,078	1,115	1,156	1,198	1,231
20	0,908	0,966	1,012	1,053	1,094	1,136
25	0,843	0,903	0,954	1	1,050	1,092
30	0,776	0,834	0,892	0,950	0,991	1,041
35	0,686	0,764	0,826	0,884	0,933	0,975
40	0,596	0,677	0,760	0,818	0,876	0,919
45	0,496	0,595	0,677	0,743	0,809	0,867
50	0,339	0,496	0,595	0,661	0,743	0,802
55	—	0,347	0,476	0,587	0,669	0,735

Tabelul 9

Coeficienţii de corecţie pentru diverse viteze ale aerului înconjurător, (k_2)

Viteza aerului înconjurător, m/s	1	2	3	4	5
Coeficientul de corecţie	1,43	1,62	1,77	1,91	2,02
Viteza aerului înconjurător, m/s	6	7	8	9	10
Coeficientul de corecţie	2,13	2,24	2,33	2,42	2,50

Tabelul 10

Coeficienţii de corecţie pentru barele şi pachetele de bare dreptunghiulare aşezate pe lat, (k_3)

Nr. barelor	Lăţimea barelor, mm	Grosimea barelor, mm	Coeficientul de corecţie	
			Bare nevopsite	Bare vopsite
1	50...200	5...10	0,85	0,90
2	50...200	5...10	0,80	0,85
3	50... 80	5...10	0,80	0,85
	100...120	5...10	0,75	0,80
4	160	5...10	0,70	0,75
	200	5...10	0,65	0,70

— cu toate barele la distanţe libere egale între ele şi egale cu grosimea barelor ;

— cu distanţa liberă dintre barele din mijloc egală cu 50 mm, celelalte distanţe libere fiind egale cu grosimea barelor.

Prima soluţie se foloseşte mai mult pentru curent continuu. A doua soluţie este mai avantajoasă în curent alternativ.

La pachetele compuse din două profiluri U, dispoziţia uzuală este arătată în figura 2.

c) Curenţii de durată admisibili indicaţi în tabele sînt valabili în ipoteza că disiparea căldurii prin convecţie şi radierea ei este stînjenită de anumite condiţii particulare, ca, de exemplu, montarea conductoarelor într-un mic spaţiu închis.

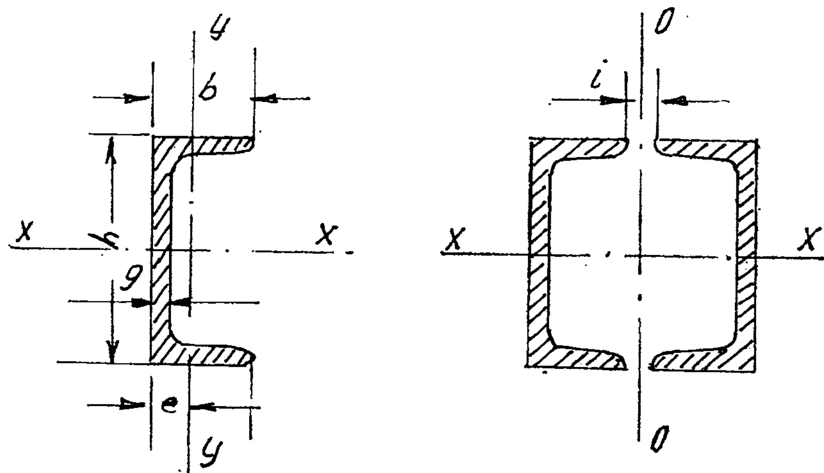


Fig. 2. Definirea notaţiilor la profilurile U.

De asemenea, distanţa între faze trebuie să fie suficient de mare, astfel încît conductoarele să nu se încălzească reciproc în mod apreciabil. Această condiţie poate fi considerată îndeplinită dacă este satisfăcută relaţia :

$$\frac{A}{B} > 2,$$

în care :

A este distanţa dintre axele barelor sau ale pachetelor de bare ;

B — dimensiunea barelor sau a pachetelor de bare pe aceeaşi direcţie cu A (v. fig. 1).

d) În cazul unei temperaturi a aerului înconjurător diferită de +25°C şi a unei temperaturi a conductorului diferită de +70°C, curenţii admisibili indicaţi în tabelele 1—7 trebuie multiplicaţi cu coeficienţii de corecţie din tabelul 8 (K_1).

e) Cînd conductoarele se găsesc într-un curent de aer produs, de exemplu, de o instalaţie de ventilaţie şi avînd o direcţie perpendiculară pe cea a conductoarelor, curenţii admisibili indicaţi în tabelele 1—7 trebuie multiplicaţi cu coeficienţii de corecţie din tabelul 9 (K_2).

f) Valorile indicate în tabelele 1 şi 4 pentru bare şi pachete de bare dreptunghiulare sînt valabile în ipoteza că barele sînt aşezate pe muchie. În cazul în care ele sînt aşezate pe lat, valorile din tabele trebuie multiplicate cu coeficienţii de corecţie din tabelul 10 (K_3).

g) Pentru trasee sau porţiuni de trasee verticale, se procedează astfel :

— dacă lungimea traseului vertical nu depăşeşte 3 m, rămîn valabili curenţii admisibili indicaţi în tabelele 1—7 ;

— dacă această lungime depăşeşte 3 m, valorile indicate în tabelele 1—7 trebuie multiplicate cu coeficientul de corecţie 0,85 (K_4).

În cazul traseelor verticale nu se aplică coeficienţii de corecţie de la pct. f.

h) Curenţii admisibili indicaţi în tabelele 1—7 sînt valabili pentru altitudini pînă la 1 000 m. În cazul unor altitudini mai mari, valorile din tabele trebuie multiplicate cu coeficientul de corecţie :

$$K_5 = \frac{10\,000}{9\,000 + H},$$

altitudinea H fiind dată în m.

Intensităţile admisibile pentru conductoare funcţionînd în alte condiţii decît cele prevăzute la 4.4. se calculează cu relaţia $I_a = I \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$.

i) La regimuri intermitente de lucru de scurtă durată (cu durata de funcţionare pînă la 4 min şi cu durata totală a ciclului de cel mult 10 min sau cu durata de funcţionare pînă la 4 min şi cu pauze care să permită răcirea conductoarelor pînă la temperatura mediului ambiant), curenţii de durată admisibili indicaţi în tabelele 1—7 pot fi multiplicaţi cu coeficientul de corecţie :

$$\frac{0{,}875}{\sqrt{D_c}},$$

în care :

D_c este durata relativă de conectare (raportul dintre timpul de funcţionare şi timpul total de funcţionare +repaus).

j) Curentul de durată admisibilă I_2 pentru o formă sau o secţiune de conductor diferită de cele indicate în tabelele 1—7 poate fi determinat cu aproximaţie, prin comparaţie cu valoarea corespunzătoare I_1 a unui conductor indicat în tabele, folosind relaţia :

$$I_2 = I_1 \sqrt{\frac{s_2 p_2}{s_1 p_1}},$$

în care :

s_1 şi s_2 sînt secţiunile conductoarelor comparate ;

p_1 şi p_2 — perimetrele secţiunilor de mai sus.

În cazul pachetelor de conductoare, se ia în considerare perimetrul întregului pachet.

Relaţia de mai sus duce la rezultate cu atît mai exacte, cu cît formele şi secţiunile conductoarelor comparate diferă mai puţin între ele.

k) În tabelele 1—7 sînt indicaţi curenţii de durată admisibili pentru instalaţii de interior.

În cazul montării conductoarelor în exterior, este necesar să se ţină seama de faptul că există, de obicei, o circulaţie de aer care uşurează răcirea, precum şi de faptul că radiaţia solară provoacă o încălzire suplimentară.

Pentru alte temperaturi decît cea la care se dau valorile curenţilor în tabelele 1—7, se aplică corecţiile din tabelul 8.

Dacă barele nu sînt vopsite, se poate presupune că încălzirea provocată de radiaţia solară este practic compensată de activarea răcirii datorate circulaţiei aerului, admiţîndu-se deci aceiaşi curenţi de durată ca în cazul instalaţiilor de interior.

l) Coeficienţii de corecţie menţionaţi trebuie aplicaţi simultan, prin multiplicare succesivă, dacă este cazul.

5. STABILITATEA TERMICĂ

5.1. Pentru calculul stabilității termice, sînt determinanți curentul de scurtcircuit trifazat, bifazat sau monofazat, precum și punctul de defect, care conduc la solicitarea termică maximă.

5.2. Curentul echivalent I_m al scurtcircuitului se determină conform „Instrucțiunilor pentru verificare la stabilitate termică și electrodinamică a instalațiilor electrice din centrale și stații", PE 103.

5.3. În cazul pachetelor de conductoare compuse din două sau mai multe bare sau profiluri conectate în paralel, se presupune o repartiție egală a curentului de scurtcircuit între conductoarele fasciculului.

5.4. Temperatura maximă admisibilă θ_{sc} a conductorului la sfîrșitul scurtcircuitului este următoarea :

— pentru aluminiu : 180°C ;

— pentru cupru : 200°C.

5.5. Temperatura inițială θ_c a conductorului (la începutul scurtcircuitului) se poate considera, în general, de +70°C.

O determinare mai exactă se poate face cu relația :

$$\theta_c = \theta + (70 - \theta)\frac{I^2}{I_d^2}, \ [°C]$$

în care :

θ este temperatura aerului, °C ;

I — curentul de durată real, înaintea scurtcircuitului, A;

I_d — curentul de durată admisibil la temperatura θ a mediului înconjurător (°C) la care se determină, A.

◆ **5.6.** Densitatea de curent j_t admisibilă la scurtcircuit se determină în funcție de materialul conductorului, de temperatura sa inițială θ_c și de temperatura maximă admisibilă θ_{sc} la sfîrșitul scurtcircuitului conform instrucțiunii PE 103.

◆ 5.7. Conductorul este stabil termic, dacă este îndeplinită condiția :

$$s \geqslant \frac{I_m}{j_t}; \; I_m = I_k'' \sqrt{(m+n)\ t/1},$$

în care :

s este secțiunea conductorului, mm^2 ;
I_m — curentul mediu echivalent al scurtcircuitului ;
j_t — densitatea de curent admisibilă la scurtcircuit, A/mm^2 ;
I_k'' — valoarea efectivă inițială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit ;
t — durata defectului, s ;
m — coeficientul componentei continue ;
n — coeficientul componentei alternative ; coeficienții m și n se determină conform instrucțiunii PE 103.

5.8. Nu se dimensionează la stabilitate termică în caz de scurtcircuit conductoarele de racord la transformatoare de tensiune și la descărcătoare.

Pentru conductoarele de racord la descărcătoare se vor respecta indicațiile cuprinse în instrucțiunile de proiectare corespunzătoare.

6. EFECTUL CORONA

6.1. Acest criteriu se ia în considerare în instalațiile cu tensiuni nominale de 60 kV sau mai mari. În aceste cazuri, dacă se folosesc conductoare rigide, se recomandă bare tubulare sau rotunde (pline).

6.2. Conductoarele tubulare sau rotunde trebuie astfel dimensionate, încît valoarea cîmpului electric la suprafața lor, cînd tensiunea de funcționare a rețelei are valoarea maximă de durată U_m, să îndeplinească condiția :

$$E_m \leqslant E_{cor},$$

în care :

E_{cor} este cîmpul critic al efectului corona, kV/cm, valoare eficace ;

$$E_{cor} = 19{,}3\left(1 + \frac{0{,}299}{\sqrt{r}}\right) \cdot m ;$$

E_m — cîmpul electric maxim la suprafaţa conductorului, kV/cm, valoare eficace ;

r — raza conductorului, cm ;

m — coeficient referitor la suprafaţa conductorului ; $m \cong 0{,}95$.

Valoarea E_{cor} indicată mai sus este valabilă pînă la altitudinea de 1 000 m

6.3. Valoarea cîmpului electric maxim E_m la suprafaţa conductoarelor tubulare sau rotunde poate fi determinată exact prin metoda lui Maxwell, ţinînd seama de imaginile electrice ale conductoarelor în raport cu suprafaţa solului.

Pentru sistemele trifazate se poate folosi, de asemenea, relaţia aproximativă de mai jos, în care se neglijează influenţa pămîntului şi a celorlalte conductoare din apropiere (în afară de conductoarele celor trei faze) :

$$E_m = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2{,}3\ r \log_{10} \frac{a}{r}}, \text{ [kV/cm, valoare eficace]}$$

în care :

U_m este tensiunea maximă de funcţionare a reţelei, între faze, kV ;

r — raza conductorului, cm ;

a — media geometrică a distanţelor dintre axele conductoarelor, cm ; $a = \sqrt[3]{a_{12} \cdot a_{13} \cdot a_{23}}$;

a_{12} — distanţa dintre axele conductoarelor 1 şi 2 etc., cm.

Influenţa pămîntului nu se poate neglija în cazurile în care calculele, neţinînd seama de această influenţă, duc la valori de cîmp foarte apropiate de E_{cor}.

7. SECŢIUNEA ECONOMICĂ

7.1. În cazul conductoarelor relativ lungi, care transportă curenţi foarte mari (5 000—10 000 A sau mai mult), se recomandă alegerea unei secţiuni economice, care în orice caz nu va fi mai mică decît cea determinată pe baza criteriilor precedente.

7.2. Cea mai simplă metodă constă în reducerea curentului de durată admisibil al conductorului la 75—85%, în vederea reducerii pierderilor.

7.3. O metodă mai exactă constă în adoptarea unei soluţii al cărei cost total (investiţii şi amortismente, pierderi etc.) să reprezinte o valoare optimă.

8. CALCULUL MECANIC

8.1. Fixarea conductoarelor pe izolatoare, la barele aparatelor sau în alte puncte de sprijin se poate face în două moduri :

a) Tangenta la linia elastică în punctele de sprijin nu-şi modifică direcţia cînd apare o sarcină uniform distribuită, transversală, asupra conductorului. Astfel de cazuri apar, de exemplu :

— la conductoarele încastrate total la ambele capete ;

— la conductoarele sprijinite în mai multe puncte la distanţe egale, capetele fiind încastrate total (fig. 3 a).

b) Tangenta la linia elastică în punctele de sprijin îşi modifică direcţia cînd apare o sarcină uniform distribuită transversală asupra conductorului. Astfel de cazuri apar, de exemplu :

— la conductoarele încastrate elastic sau simplu rezemate la capete ;

— la conductoarele sprijinite în mai multe puncte la distanţe inegale (fig. 3 b) ;

— la deschiderile care cuprind o piesă de înnădire elastică.

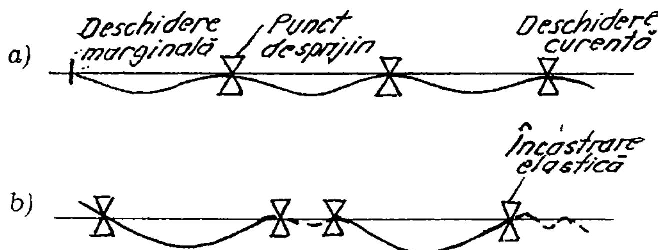


Fig. 3. Diverse moduri de sprijinire a conductoarelor :
a — încastrare totală ; *b* — încastrare elastică.

8.2. În cazul pachetelor formate din bare dreptunghiulare sau din profiluri legate în paralel, între barele sau profilurile care formează un pachet se prevăd piese intermediare (fig. 4), care pot fi de două tipuri :

a) piese de distanţă, al căror scop este de a menţine distanţa între elementele pachetului, permiţînd însă deplasarea longitudinală a acestora unul faţă de celălalt ;

b) piese de rigidizare, care au acelaşi scop, dar nu permit deplasarea longitudinală relativă a elementelor pachetului.

În cadrul pieselor de rigidizare trebuie considerate : înnădirile cu eclise, derivaţiile de la bare dreptunghiulare etc.

8.3. Pentru verificarea la eforturile electrodinamice a conductoarelor din circuitele trifazate, este determinant curentul de scurtcircuit trifazat.

Stabilirea valorii curentului de scurtcircuit care trebuie luat în considerare în calcul se face conform „Instrucţiunilor pentru verificare la stabilitate termică şi electrodinamică a instalaţiilor electrice din centrale şi staţii", PE 103.

8.4. Condiţiile de valabilitate ale metodei de calcul expuse în prezentele instrucţiuni sînt următoarele :

a) conductoarele sînt dispuse paralel, iar lungimea lor este mare în raport cu distanţa dintre ele ;

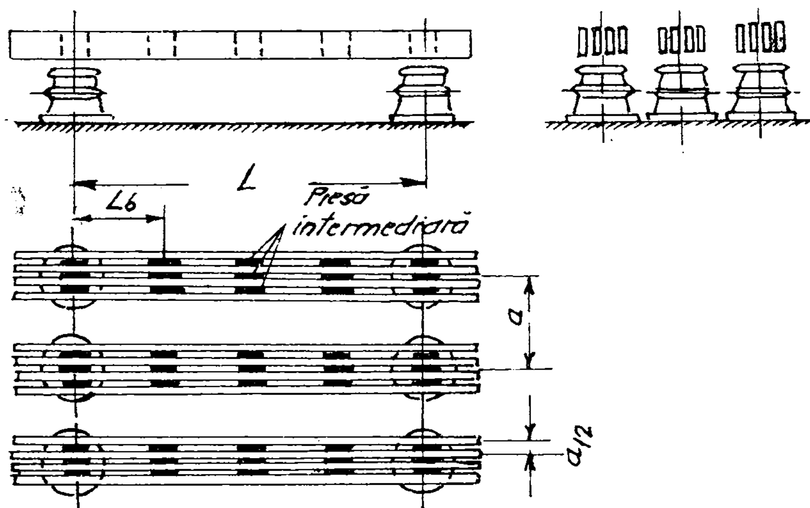


Fig. 4. Exemplu de dispoziţie a unor pachete de bare dreptunghiulare.

b) în cazul circuitelor trifazate, conductoarele fazelor sînt dispuse într-un singur plan şi la distanţe egale ;

c) direcţia forţelor electrodinamice coincide cu una dintre axele principale ale secţiunii (fig. 5) ;

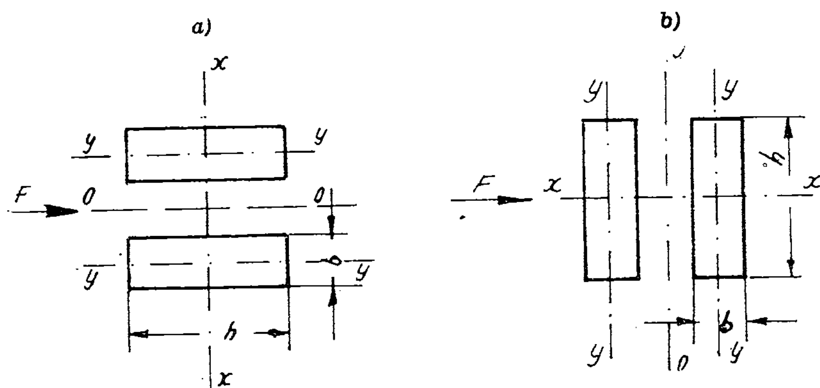


Fig. 5. Direcţia forţelor electrodinamice faţă de axele principale ale secţiunilor.

d) fixarea conductoarelor pe izolatoare, la bornele aparatelor sau în alte puncte de sprijin se face conform pct. 8.1. a ;

e) în general, cazurile în care conductoarele sînt fixate conform pct. 8.1. b., nu trebuie luate în considerare întrucît deschiderile marginale nu sînt încărcate pe toată lungimea, iar piesele de înnădire elastice se plasează, de obicei, între două puncte de sprijin mai apropiate ;

f) efectul forțelor electrodinamice în zona buclelor sau a colțurilor formate pe traseul conductoarelor, precum și în dreptul pieselor metalice mai mari situate în apropierea conductoarelor trebuie luat în considerare numai în cazuri speciale. Metodele de calcul corespunzătoare se găsesc în literatura de specialitate [1], [2] ;

g) metoda de calcul expusă nu se referă la conductoarele cu ecran metalic ;

h) se cunosc valorile minimă $\sigma_{0,2}$ și maximă $\sigma'_{0,2}$ între care se află limita de curgere tehnică a materialului conductoarelor (definită în STAS 200-67). Pînă la stabilirea valorilor $\sigma_{0,2}$ și $\sigma'_{0,2}$ se va aplica metoda σ_a (anexa 2).

8.5. Forța electrodinamică maximă uniform distribuită care solicită conductorul pe lungimea unei deschideri în timpul unui scurtcircuit are valoarea :

a) Asupra conductorului unei faze (în cazul unui conductor unic) sau asupra pachetului de conductoare ale unei faze (datorită interacțiunilor dintre faze) :

$$F = 2 \frac{L}{a} i_ș^2 \cdot 10^{-2},$$

în care :

F este forța totală maximă care se exercită asupra întregii deschideri, daN ;

L — lungimea deschiderii dintre două puncte de sprijin vecine, cm ;

a — distanța dintre axele fazelor, cm ;

$i_ș$ — curentul de scurtcircuit de șoc (amplitudine), kA ; în cazul circuitelor trifazate se ia în considerare scurtcircuitul trifazat.

b) Asupra unui singur conductor, în cazul pachetelor de conductoare identice, legate în paralel (datorită interacțiunilor dintre conductoarele pachetului) :

$$F_b = 2\,\frac{L_b}{a_f}\left(\frac{i_ș}{n}\right)^2 \cdot 10^{-2},$$

în care :

F_b este forța totală maximă care se exercită asupra unei deschideri cuprinse între două piese intermediare vecine, daN ;

L_b — distanța dintre două piese intermediare vecine, cm ; se ia în considerare în calcul distanța dintre piesa intermediară situată în punctul de sprijin și piesa intermediară vecină (fig. 4) ; distanța dintre alte două piese intermediare vecine poate fi de maximum 1,6 L_b ;

a_f — distanța fictivă dintre conductoarele pachetului, determinată conform indicațiilor de la pct. 8.6, cm ;

$i_ș$ — curentul de scurtcircuit de șoc (amplitudine), kA ; în cazul circuitelor trifazate, se ia în considerare scurtcircuitul trifazat ;

n — numărul de conductoare ale pachetului.

8.6. Eforturile electrodinamice dintre conductoarele situate la distanțe relativ mici în raport cu secțiunea lor, sînt influențate de dispoziția lor geometrică și de dimensiunile secțiunii. De aceea la calcularea forței produse de interacțiunile dintre conductoarele montate în pachete, se ia în considerare distanța fictivă a_f menționată.

Pentru unele secțiuni uzuale, distanța fictivă este indicată în tabelul 11.

Pentru pachetele de bare dreptunghiulare, distanța fictivă poate fi calculată cu relația generală :

$$\frac{1}{a_f} = \frac{k_{12}}{a_{13}} + \frac{k_{13}}{a_{13}} + \ldots + \frac{k_{1n}}{a_{1n}},$$

în care coeficienții de corecție k_{12}, $k_{13} \ldots k_{1n}$ rezultă din figura 6.

Tabelul 11

Distanța fictivă a pentru diverse secțiuni uzuale

Dispoziția barelor	Grosimea b, cm	Înălțimea h, cm							
		4	5	6	8	10	12	16	20
	0,5	2,0	2,4	2,7	3,3	4,0	—	—	—
	1	2,8	3,1	3,4	4,1	4,7	5,4	6,7	8,0
	0,5	—	1,3	1,5	1,8	2,2	—	—	—
	1	1,7	1,9	2,0	2,3	2,7	3,0	3,7	4,3
	0,5	—	1,4	1,5	1,8	2,0	—	—	—
	1	1,74	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,2	—
	h (cm)	6	8	10	12	14	16	18	20
	t (cm)	8,5	10	10	12	14	16	18	20
	a_f	7,9	9,4	10	12	14	16	18	20

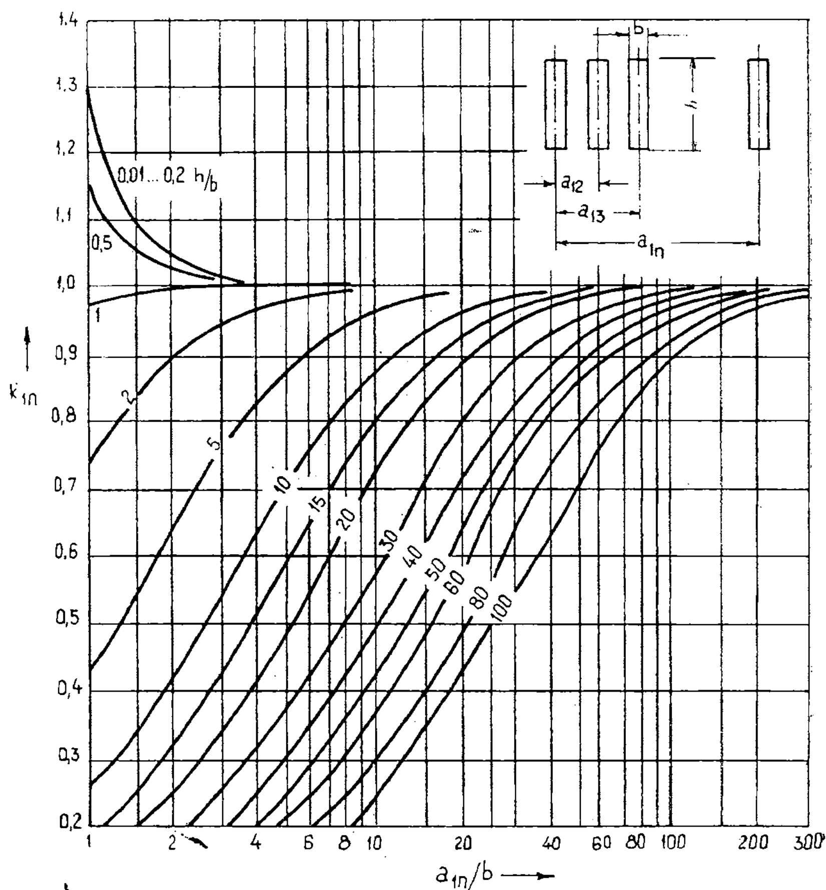


Fig. 6. Coeficienţii de corecţie pentru distanţa fictivă.

8.7. Rezistenţa în conductor la scurtcircuit se determină astfel :

a) Rezistenţa σ, datorată eforturilor electrodinamice dintre faze, se obţine cu formula :

$$\sigma = \upsilon \frac{F\,L}{12\ W} = \upsilon \frac{1{,}7 \cdot 10^{-3}\ i_ş^2 L^2}{a\ W},\ [daN/cm^2]$$

în care :

W este modulul de rezistență al conductorului (în cazul unui singur conductor pe fază) sau al pachetului de conductoare în raport cu axa principală perpendiculară pe direcția forțelor, cm³ ;

υ — coeficient de corecție care ține seama de oscilațiile conductorului.

b) Rezistența σ_b, datorată eforturilor electrodinamice dintre conductoarele aceluiași pachet, se obține cu formula :

$$\sigma_b = \upsilon \frac{L_b F_b}{12\ W_b} = \upsilon \frac{1{,}7 \cdot 10^{-3}\ i_ș^2\ L_b^2}{a_f\, n^2\ W_b},\ [\text{daN/cm}^2]$$

în care :

W_b este modulul de rezistență al conductorului în raport cu axa principală perpendiculară pe direcția forțelor, cm³.

8.8. Asupra modulului de rezistență W al unui pachet de conductoare se fac următoarele precizări (a se vedea și anexa 3):

a) În cazul solicitării conform figurii 5 a, momentul de inerție și modulul de rezistență al pachetului față de axa x—x sînt respectiv egale cu suma momentelor de inerție sau a modulelor de rezistență ale elementelor componente față de aceeași axă.

b) În cazul solicitării conform figurii 5 b :

— dacă nu există piese de rigidizare sau există o singură piesă de rigidizare în interiorul deschiderii, momentul de inerție și modulul de rezistență al pachetului față de axa 0—0 sînt respectiv egale cu suma momentelor de inerție sau a modulelor de rezistență ale elementelor componente față de axele y—y ;

— dacă în interiorul deschiderii există două sau mai multe piese de rigidizare (care împiedică deplasarea longitudinală relativă a elementelor pachetului), se pot lua în considerare valori mai mari. În cazul pachetelor de bare dreptunghiulare se poate admite o valoare de 60%, iar în cazul pachetelor compuse din profiluri se poate admite o valoare de 50% din

momentul de inerție compus al secțiunii totale, respectiv din modulul de rezistență compus al secțiunii totale față de axa 0—0.

8.9. Coeficientul de corecție υ, care ține seama de oscilațiile conductorului, are următoarele valori :

— în instalații de curent continuu : $\upsilon = 2$

— în instalații de curent alternativ : $\upsilon = 1$

Aceste valori reprezintă o limită superioară, care poate fi adoptată în mod curent pentru simplificarea calculelor.

În anumite cazuri însă sînt posibile valori mai mici, care se determină conform metodei de calcul din anexa 1. Această metodă trebuie să fie utilizată numai în cazuri excepționale, atunci cînd secțiunile rezultate din calcul pe baza valorilor-limită ale coeficientului υ indicate mai sus sînt prea mari.

8.10. Conductorul este rezistent din punct de vedere mecanic, dacă sînt îndeplinite condițiile :

— în cazul unui conductor unic pe fază :

$$\sigma \leqslant 2\,\sigma_{0,2}$$

— în cazul pachetelor de conductoare:

$$\sigma + \sigma_b \leqslant 2\,\sigma_{0,2}$$

$$\sigma_b \leqslant \sigma_{0,2}$$

$\sigma_{0,2}$ fiind valoarea minimă a limitei de curgere tehnice (conform STAS 200—67 ; a se vedea și anexa 5).

La atingerea acestor solicitări, se poate produce o mică deformație permanentă a conductorului, care totuși nu influențează siguranța în funcționare.

8.11. Forța maximă F_i, care se exercită asupra punctelor de sprijin situate între două deschideri, se determină cu relația :

$$F_i = \upsilon_i F, \ [\text{daN}]$$

în care :

υ_i este un coeficient de corecție care ține seama de oscilațiile conductorului.

8.12. Coeficientul de corecție υ_i , care ține seama de oscilațiile conductorului, are valorile :

— În instalațiile de curent continuu: $\upsilon_i = 2$.

— În instalațiile de curent alternativ :

— dacă $\sigma + \sigma_b \geqslant 0{,}8\ \sigma'_{0,2}$, $\upsilon_i = 1$

— dacă $\sigma + \sigma_b < 0{,}8\ \sigma'_{0,2}$, $\upsilon_i = \frac{0{,}8\ \sigma'_{0,2}}{\sigma + \sigma_b}$,

unde $\sigma'_{0,2}$ este valoarea maximă a limitei de curgere tehnice.

Valoarea indicată mai sus pentru coeficientul de corecție υ_i reprezintă o limită superioară, care poate fi adoptată în mod curent pentru simplificarea calculelor. În anumite situații însă (de exemplu, în cazul deschiderilor relativ mici în comparație cu secțiunea conductorului), această limită superioară se îndepărtează mult de valoarea reală, ducînd la supradimensionări. În astfel de cazuri se va determina valoarea reală a coeficientului υ_i cu ajutorul metodei de calcul din anexa 1.

8.13. Greutatea proprie a conductorului, a pieselor intermediare etc. trebuie luată în considerare dacă rezistența corespunzătoare în conductor nu este neglijabilă în raport cu cea determinată de eforturile electrodinamice.

Cu aceeași condiție trebuie luate în considerare la conductoarele situate în exterior greutatea depunerilor de chiciură (inclusiv zăpadă, polei etc.) și sarcina dată de vînt. Se va ține seama de indicațiile cuprinse în instrucțiunile de proiectare referitoare la conductoarele neizolate flexibile cu următoarele observații :

a) Grosimea stratului de chiciură, indicată pentru conductoarele neizolate flexibile în cadrul condițiilor meteorologice limită în România, se reduce cu 25% în cazul conductoarelor rigide.

b) Sarcina orizontală p dată de vînt se determină cu relația aproximativă :

$$p = k \cdot \frac{d}{100} \cdot \frac{v^2}{16}, \quad [\text{daN/m}]$$

în care :

d este lățimea suprafeței expusă vîntului — cu sau fără chiciură — în proiecție pe un plan vertical, cm ;

v — coeficientul aerodinamic ; k=1,2.

k — coeficientul aerodinamic; k = 1,2.

Rezistențele datorate greutății proprii, chiciurii și vîntului se adună aritmetic sau geometric (în funcție de forma secțiunii conductoarelor), rezistența rezultantă notîndu-se cu σ'.

Aceleași rezistențe se adună cu rezistența datorată eforturilor electrodinamice dintre faze. Adunarea se face, de asemenea, aritmetic sau geometric, în funcție de forma secțiunii conductoarelor. Valoarea rezultantă se notează cu σ''.

Conductorul este rezistent din punct de vedere mecanic dacă sînt îndeplinite condițiile :

— în cazul unui conductor unic pe fază:

$$\sigma'' \leqslant 2\,\sigma_{0,2}$$

$$\sigma' \leqslant \sigma_{0,2}$$

— în cazul pachetelor de conductoare :

$$\sigma'' + \sigma_b \leqslant 2\,\sigma_{0,2}$$

$$\sigma' + \sigma_b \leqslant \sigma_{0,2}$$

Dacă nu sînt neglijabile în raport cu sarcina determinată de eforturile electrodinamice, sarcinile suplimentare care se exercită asupra punctelor de sprijin, datorită greutății proprii, chiciurii și vîntului, trebuie luate în considerare.

Anexa 1

Metodă de calcul pentru determinarea coeficienților υ și υ_i

1) Valorile coeficienților de corecție ν și ν_i indicate la pct. 8.9. și 8.12. reprezintă limite superioare, care pot fi uneori mult mai mari decît valorile reale, conducînd astfel la supradimensionări.

Valorile reale pot fi determinate cu ajutorul metodei expuse mai jos.

2) În instalațiile de curent continuu, valorile reale ale coeficienților ν și ν_i rezultă din diagrama reprezentată în figura 7, în care :

f_0 este frecvența proprie a sistemului de conductoare, s^{-1} ;

t — durata scurtcircuitului, s.

3) În instalaţiile de curent alternativ, valorile reale ale coeficienţilor ν şi ν_i rezultă din diagrama reprezentată în figura 8, în care :

f_0 este frecvenţa proprie a sistemului de conductoare, s^{-1} ;

f — frecvenţa reţelei, Hz.

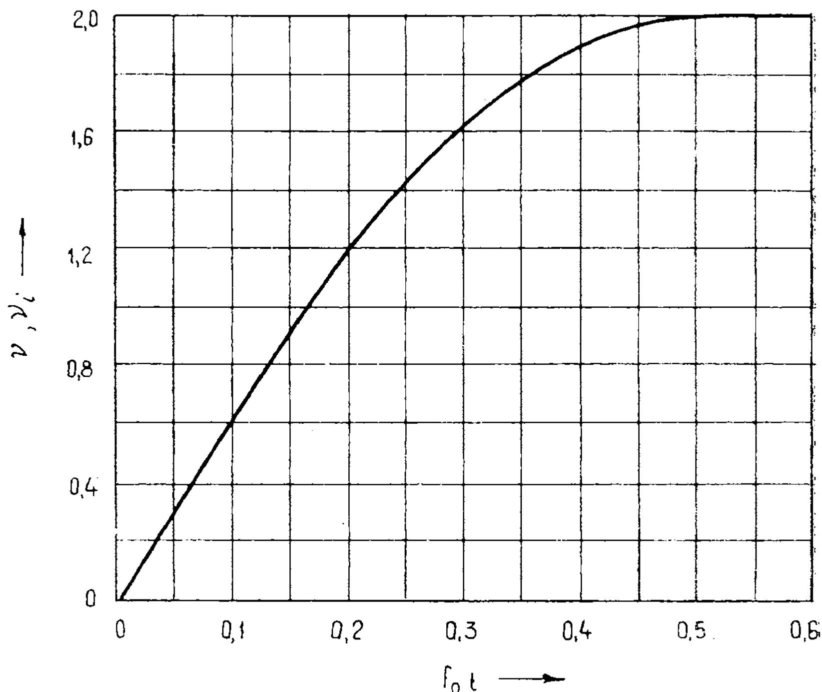


Fig. 7. Valorile coeficienţilor v şi v^i pentru instalaţiile de curent continuu.

Diagrama din figura 8 este valabilă în cazul conductoarelor dispuse într-un singur plan.

Curba coeficientului ν a fost întreruptă la valoarea $\nu=1$, întrucît la valori supraunitare solicitările admisibile nu sînt depăşite nici în caz de rezonanţă. În locul valorilor supraunitare, se va considera $\nu=1$.

4) În cazul conductoarelor fixate conform pct. 8.1.a. şi al punctelor de sprijin rigide, raportul frecvenţelor are valoarea :

$$f_0/f = (f_{00}/f) \cdot c_1 c_2 c_3,$$

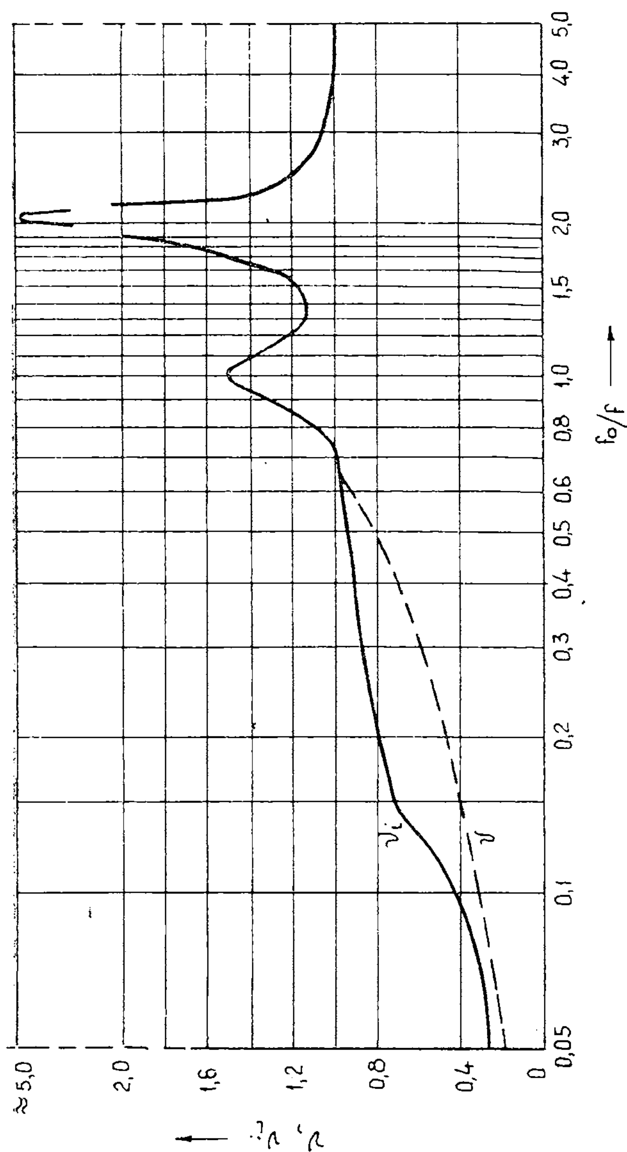

0,05
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,8
1,0
1,5
2,0
3,0
4,0
5,0
f_o/f
0
0,4
0,8
1,2
1,6
2,0
≈5,0
ν, ν_i
ν_i
ν

Fig. 8

în care :

f_{00} este frecvenţa proprie a conductorului (în cazul unui conductor unic pe fază) sau a unui element al pachetului de conductoare, în ipoteza că nu există legături de derivaţie şi piese intermediare, s^{-1} ;
c_1 — un factor de corecţie care ţine seama de influenţa pieselor intermediare ;
c_2 — un factor de corecţie care ţine seama de rigiditatea legăturilor de derivaţie ;
c_3 — un factor de corecţie care ţine seama de unghiul pe care îl fac legăturile de derivaţie.

Dacă punctele de sprijin sînt elastice, rezultă mai multe frecvenţe proprii ale sistemului de conductoare, iar metoda de calcul expusă în aceste instrucţiuni nu poate fi aplicată. Se consideră că punctele de sprijin sînt elastice, dacă oscilaţiile lor, provocate de forţele electrodinamice de scurtcircuit, sînt de acelaşi ordin de mărime cu oscilaţiile barelor. În cazurile curente se admite că punctele de sprijin sînt rigide.

5) Frecvenţa proprie a conductorului (în cazul unui conductor unic pe fază) sau a unui element al pachetului de conductoare este dată de relaţia :

$$f_{00}=\frac{112}{L^2}\sqrt{\frac{EJ}{g}} \quad [s^{-1}]$$

în care :

L este lungimea deschiderii dintre două puncte de sprijin vecine, cm ;
E — modulul de elasticitate al conductorului, daN/cm^2 (vezi anexa 4) ;
J — momentul de inerţie al conductorului faţă de axa principală a secţiunii perpendiculară pe direcţia forţelor, cm^4 ;
g — greutatea unitară a conductorului, daN/cm.

6) Factorul de corecţie c_1, care ţine seama de influenţa pieselor intermediare, are valoarea $c_1=1$ dacă nu există piese intermediare (de exemplu, în cazul unui conductor unic pe fază).

În cazul pachetelor de bare dreptunghiulare, dacă există piese intermediare, factorul c_1 rezultă din figura 9, în funcţie de numărul m de piese intermediare situate în deschidere (exclusiv cele situate în dreptul punctelor de sprijin) şi de raportul G/ngL,

în care :

G este greutatea unei piese intermediare, daN ;
n — numărul de bare ale pachetului ;
g — greutatea unitară a unui conductor al pachetului, daN/cm ;
L — lungimea deschiderii între punctele de sprijin, cm.

7) Factorul de corecţie c_2, care ţine seama de rigiditatea legăturilor de derivaţie, depinde de caracteristicile acestor legături.

O legătură de derivație este considerată rigidă dacă îndeplinește una dintre următoarele condiții :

— momentul de inerție al conductorului de derivație este aproximativ egal cu momentul de inerție al pachetului de bare, iar lungimea sa (fig. 10) este mai mică sau cel mult egală cu 60% din deschiderea L ;

— momentul de inerție al conductorului de derivație este mai mic decît momentul de inerție al pachetului de bare, iar lungimea sa este mai mică sau cel mult egală cu 30% din deschiderea L.

Valorile caracteristice ale legăturilor de derivație rigide sînt afectate de indicele r.

Dacă o legătură de derivație nu îndeplinește nici una dintre condițiile de mai sus, ea este considerată elastică.

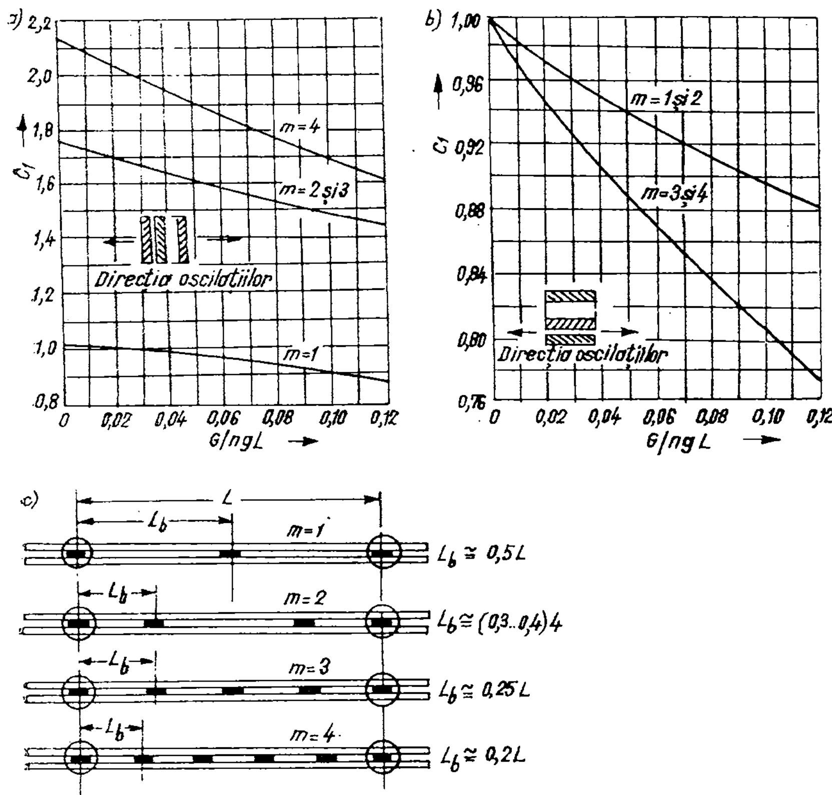


Fig. 9

Valorile ei caracteristice sînt afectate de indicele e.

a) Cînd nu există legături de derivație, factorul de corecție are valoarea $c_2=1$;

b) Cînd există o singură derivație în deschidere, factorul de corecție are valoarea :

— pentru o legătură de derivație rigidă :

$$c_2=\sqrt{\frac{1+\frac{1}{64}(J_r/J)(L/L_r)^3\,u_r}{1+0{,}6\,(S_r/S)(L_r/L)\,u_r}}$$

— pentru o legătură de derivație elastică :

$$c_2=\sqrt{\frac{1+\frac{1}{16}(J_e/J)(L/L_e)^3\,u_e}{1+(S_e/S)(L_e/L)\,u_e}},$$

în care :

J este momentul de inerție al pachetului de conductoare, cm^4 ;
J_r — momentul de inerție al legăturii de derivație rigide, cm^4 ;
J_e — momentul de inerție al legăturii de derivație elastice, cm^4 ;
S — secțiunea totală a pachetului de bare, cm^2 ;
S_r — secțiunea legăturii de derivație rigide, cm^2 ;
S_e — secțiunea legăturii de derivație elastice, cm^2 ;
L — lungimea deschiderii între două puncte de sprijin vecine, cm ;
L_r — lungimea legăturii de derivație rigide (fig. 10), cm ;
L_e — lungimea legăturii de derivație elastice (fig. 10), cm ;
u — factorul de nesimetrie al legăturii de derivație.

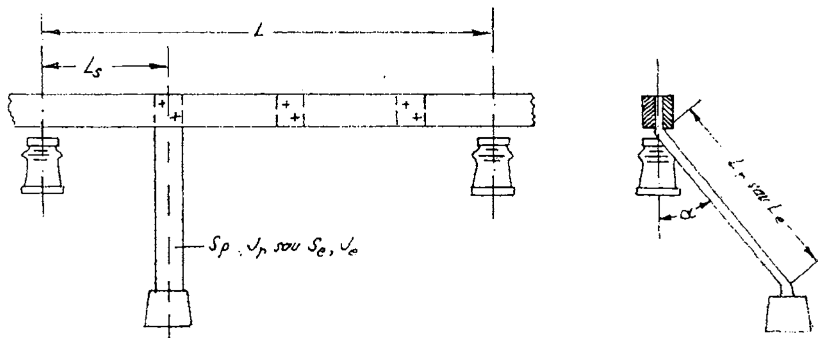


Fig. 10

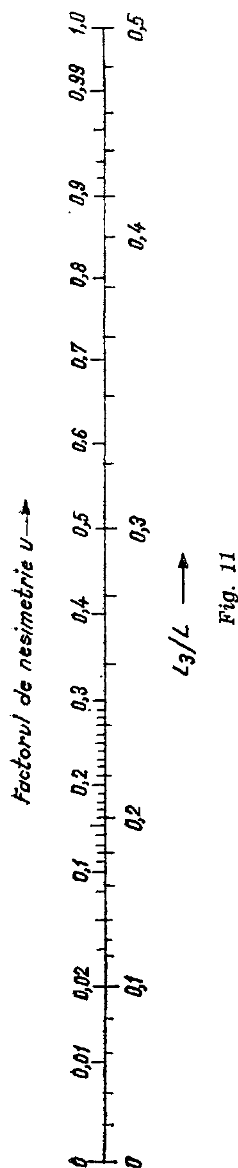


Fig. 11

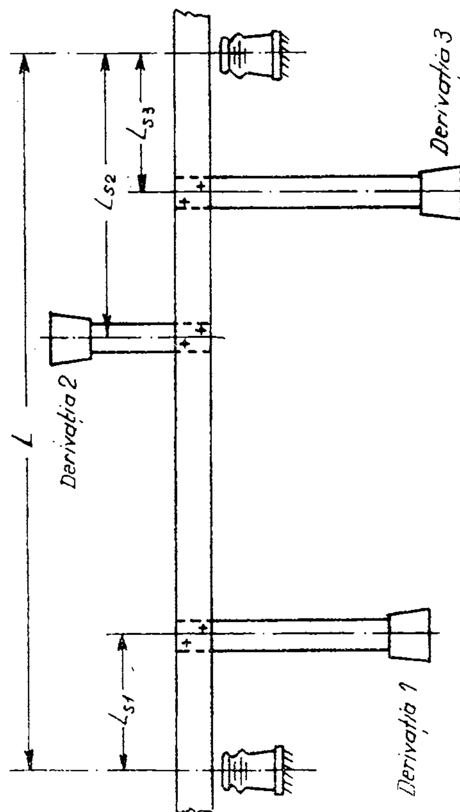


Fig. 12. Exemplu de deschidere cuprinzînd trei derivații.

Factorul de nesimetrie u al legăturii de derivaţie rezultă din nomograma reprezentată în figura 11, în care s-a notat cu L_s distanţa legăturii de derivaţie pînă la cel mai apropiat punct de sprijin (fig. 12), astfel încît $L_s \leqslant 0{,}5$ L.

c) Cînd există mai multe derivaţii în deschidere (fig. 12), factorul de corecţie are valoarea :

$$c_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{64}\sum\limits_{r} (J_r/J)\,(L/L_r)^3\,u_r + \frac{1}{16}\sum\limits_{e} (J_e/J)\,(L/L_e)^3\,u_e}{1 + 0{,}6\sum\limits_{n} (S_r/S)\,(L_r/L)\,u_r + \sum\limits_{e} (S_e/S)\,(L_e/L)\,u_e}}$$

8) Factorul de corecţie c_3, care ţine seama de unghiul pe care îl fac legăturile de derivaţie, are valoarea $c_3 = 1$, dacă nu există nici o derivaţie în deschidere sau dacă nici o legătură de derivaţie nu este îndoită ($\alpha = 0$, unde α are semnificaţia din figura 10).

Dacă în deschidere există o singură legătură de derivaţie îndoită, factorul c_3 rezultă din relaţia :

$$c_3 = 1 + \left[\left(\frac{L}{L - L_s}\right)^2 \cdot \frac{c_1' c_2'}{c_1 c_2} - 1\right] \sin\alpha,$$

în care :

L este lungimea deschiderii între două puncte de sprijin vecine, cm ;

L_s — distanţa legăturii de derivaţie pînă la cel mai apropiat punct de sprijin, conform figurii 12, cm ;

c_1' — factorul de corecţie care ţine seama de influenţa pieselor intermediare, calculat pentru deschiderea $(L - L_s)$ şi raportat la această deschidere ;

c_2' — factorul de corecţie care ţine seama de rigiditatea legăturilor de derivaţie, calculat pentru deschiderea $(L - L_s)$ şi raportat la această deschidere ;

α — unghiul de înclinare al legăturii de derivaţie conform figurii 10.

Relaţia de calcul pentru factorul de corecţie c_3 nu este adaptată pentru cazul în care există în deschidere mai multe legături de derivaţie îndoite. Acest caz este extrem de rar. De obicei, fiecare deschidere cuprinde cel mult o derivaţie.

Anexa 2

Calcul mecanic
în ipoteza că nu se cunoaște limita de curgere tehnică
a materialului conductoarelor

În cazurile în care nu se cunosc valorile minimă $\sigma_{0,2}$ și maximă $\sigma'_{0,2}$ între care se află limita de curgere tehnică a materialului conductoarelor, se respectă indicațiile cuprinse la pct. 8, cu următoarele deosebiri :

1) Coeficienții de corecție v și v_i se neglijează (adică valoarea lor se consideră totdeauna egală cu 1).

2) Conductorul se consideră rezistent din punct de vedere mecanic, dacă sînt îndeplinite condițiile :

— în cazul unui conductor unic pe fază :

$$\sigma \leqslant \sigma_a$$

— în cazul pachetelor de conductoare:

$$\sigma + \sigma_b \leqslant \sigma_a,$$

unde σ_a este rezistența admisibilă.

3) Valoarea rezistenței admisibile σ_a se calculează cu relația :

$\sigma_a = \frac{R}{0,85} \cdot \frac{1}{C}$, în care C=1,71 (conform DIN 4113 E), iar R este rezistența de rupere (daN/cm^2) din tabelul 11.

4) Greutatea proprie a conductorului, greutatea depunerilor de chiciură (inclusiv zăpadă, polei etc.) și sarcina dată de vînt trebuie luate în considerare în condițiile menționate la pct. 8.13.

Conductorul se consideră rezistent din punct de vedere mecanic, dacă sînt îndeplinite condițiile :

— în cazul unui conductor unic pe fază :

$$\sigma'' \leqslant \sigma_a$$

— în cazul pachetelor de conductoare :

$$\sigma'' + \sigma_b \leqslant \sigma_a$$

Anexa 3

Calculul momentelor de inerție și al modulelor de rezistență ale pachetelor de conductoare

Pachetele de bare dreptunghiulare (v. fig. 1)

Față de axa x—x, momentele de inerție și modulele de rezistență se însumează.

Față de axa 0—0 :

2 bare :

$$J_0=26\ J_y \quad [cm^4]$$

$$W_0=\frac{26}{3}\ W_y \quad [cm^3]$$

3 bare :

$$J_0=99\ J_y \quad [cm^4]$$

$$W_0=\frac{99}{5}\ W_y \quad [cm^3]$$

4 bare — dispoziția a :

$$J_0=244\ J_y \quad [cm^4]$$

$$W_0=\frac{244}{7}\ W_y \quad [cm^3]$$

4 bare — dispoziția b :

$$J_0=\left(160+\frac{360}{b}+\frac{300}{b^2}\right)J_y \quad [cm^4]$$

$$W_0=\frac{J_0}{3\ b+2,5} \quad [cm^3]$$

în care J_y și W_y reprezintă momentul de inerție (cm^4) și modulul de rezistență (cm^3) ale unei singure bare, față de axa y—y, iar b este grosimea unei bare (cm).

Pachetele compuse din două profiluri U (v. fig. 2)

Față de axa x—x, momentele de inerție și modulele de rezistență se însumează.

Față de axa 0—0 :

$$J_0=2\left[J_y+\left(b-e+\frac{i}{2}\right)^2\cdot S\right] \quad [cm^4]$$

$$W_0=\frac{J_0}{b+\frac{i}{2}} \quad [cm^3]$$

în care J_y este momentul de inerție al unui singur profil față de axa y—y (cm^4), S este secțiunea unui singur profil (cm^2), iar b, e și i (cm) au semnificațiile din figura 2.

Anexa 4

Modulul de elasticitate al materialelor uzuale

Pentru materialele uzuale se pot lua în considerare în calcul următoarele valori ale modulului de elasticitate :

— pentru aluminiu : $E \cong 6\,500 \ldots 7\,200$ daN/cm^2 ;

— pentru cupru : $E \cong 12\,000 \ldots 13\,000$ daN/cm^2.

Anexa 5

Limita de curgere tehnică pentru conductoarele fabricate în R. S. România

Limita de curgere tehnică este definită în STAS 200-67, dar standardele de stat nu prevăd valori precise pentru conductoarele rigide neizolate din aluminiu şi cupru.

Prin comparaţie (pe baza rezistenţei de rupere), cu valorile prevăzute de DIN-VDE a fost alcătuit tabelul 12, care conţine o propunere pentru conductoarele fabricate în ţară. Limita de curgere tehnică reală trebuie să se găsească între valoarea minimă $\sigma_{0,2}$ şi cea maximă $\sigma'_{0,2}$.

Valorile propuse sînt orientative. Ele pot fi utilizate în proiectare numai dacă sînt garantate de fabricant sau confirmate prin încercări.

Anexa 6

Contactele electrice, piesele de dilatare etc.

1) Contactele electrice la îmbinările conductoarelor rigide trebuie să posede o suprafaţă suficient de mare, pentru ca temperatura să nu depăşească valoarea de $+70°C$. Temperaturi mai mari pot fi admise în cazuri excepţionale, bine justificate, adoptîndu-se măsuri speciale de protejare a contactelor.

2) Îmbinarea cu şuruburi a barelor dreptunghiulare şi suprafeţele de contact necesare în situaţii normale sînt arătate în figura 13 (după DIN 43673). Suprafeţele de contact indicate sînt suficiente pentru îmbinarea prin suprapunere a două bare cu grosimea de maximum 10 mm şi permit trecerea în bune condiţii a curentului admisibil al barelor.

În cazul pachetelor de bare cu grosimea totală de maximum 80 mm îmbinate prin suprapunere, lungimea suprapunerii rămîne aceeaşi, în timp ce suprafaţa totală de contact se măreşte corespunzător.

Tabelul 12

Caracteristicile mecanice ale conductoarelor rigide neizolate din aluminiu şi cupru

STAS	Denumirea	Materialul	Modul de fabricare	Calitatea	Dimensiunile	Rezistenţa la rupere, daN/cm²	Limita de curgere tehnică, daN/cm² *	
							$\sigma_{0,2}$	$\sigma'_{0,2}$
3322-66	Bare dreptunghiulare din aluminiu	Al E	Bare trase	m	Toate	700	400	1000
				1/2 t	Toate	800	700	1100
			Bare brut presate	—	Toate	700	400	1000
524-67	Ţevi rotunde din aluminiu	Al 99,5	Ţevi trase	m	Toate	700	400	1000
				1/2 t	Toate	900	600	1000
392-66	Bare dreptunghiulare din cupru	Cu E	Bare trase	m	Toate	2000	1000	2100
				1/2 t	Pînă la 500 mm² inclusiv	2500	1500	2600
					Peste 500 mm²	2400	1400	2500
			Bare brut presate	—	Toate	2000	1000	2100
532-67	Ţevi rotunde trase din cupru	Cu 9	Ţevi trase	m	Toate	2200	1100	2300
				1/2 t	Toate	2400	1400	2500
391-66	Bare rotunde din cupru	Cu E	Bare trase	m	Toate	2000	1000	2100
				1/2 t	Toate	2500	1500	2600
			Bare brut presate	—	Toate	2000	1000	2100

* Valori orientative (prin comparaţie cu cele recomandate din DIN-VDE), care trebuie garantate de fabricant sau confirmate prin încercări.

La îmbinarea cu eclise, suprafața totală de contact este mai mare decît la îmbinarea prin suprapunere.

Indicațiile din figura 13 sînt valabile pentru îmbinări de bare de aluminiu între ele, de cupru între ele și de aluminiu și cupru între ele.

Lățimea barelor (mm)																			
15...40			40	50 și 60				80... 120				140... 180				200... 240			
b	d	*)	*)	b	e_1	e_2	*)	b	e_1	e_2	*)	b	e_1	e_2	*)	b	e_1	e_2	*)
15	7	M6	M12	50	14	22	M12	80	20	40	M16	140	25	45	M16	200	25	50	M16
20	9,5	M8		60	17	26	M12	100	25	50	M16	160	25	55	M16	220	27,5	55	M16
25	11,5	M10						120	30	60	M16	180	30	60	M16	240	30	60	M16
30	14	M12																	
40	18	M16																	

*) Mărimea șuruburilor.

**) Tăieturi longitudinale de la 120 mm lățime a barelor.

Fig. 13. Îmbinări de bare.

Numărul și mărimea șuruburilor sînt astfel stabilite, încît prin strîngerea lor cu o cheie normală, să se obțină presiunea necesară, de circa 50 daN/cm^2.

3) La îmbinarea prin contact a altor tipuri de conductoare rigide, suprafețele de contact necesare pot fi determinate aproximativ tot pe baza indicațiilor din figura 13, corelînd curentul admisibil al barelor dreptunghiulare cu suprafața de contact necesară și ținînd seama și de materialul conductorului.

4) Determinarea suprafețelor de contact necesare se poate face, de asemenea, pe baza densității de curent admisibile j (A/mm^2), care variază în funcție de curentul I.

În cazul contactelor de cupru pe cupru se pot folosi relațiile :

$I < 200$ A $\quad j_{cu} = 0{,}31\ A/mm^2$

$I = 200—2\,000$ A $\quad j_{cu} = 0{,}31 - 1{,}05 \times 10^{-4} \times I\ A/mm^2$

$I = 2\,000$ A $\quad j_{cu} = 0{,}12\ A/mm^2$

În cazul contactelor de aluminiu pe aluminiu, se folosește relația :

$$j_{al} = 0{,}8\ j_{cu}\,.$$

La îmbinările mixte (aluminiu și cupru) se adoptă densitatea admisibilă pentru aluminiu.

Se menționează că densitățile de curent care pot fi deduse din figura 13 se apropie de valorile de mai sus în cazul pachetelor de bare cu mai multe suprafețe de contact etajate, la care disiparea căldurii este mai dificilă. La suprapunerea a numai două bare, suprafețele de contact rezultate pe baza densităților de curent de mai sus sînt de circa două ori mai mari decît cele indicate în figura 13.

5) În cazul conexiunilor la bornele aparatelor, barele vor fi găurite corespunzător bornelor.

6) Șuruburile folosite pentru îmbinare trebuie să posede o rezistență mecanică superioară.

La pachetele de bare cu o grosime totală pînă la 10 mm, se prevăd rondele elastice numai sub piulițele șuruburilor. La grosimi totale peste 10 mm, ele se prevăd și sub capetele șuruburilor.

O altă soluție constă în folosirea unor șuruburi cu același coeficient de dilatare termică ca al conductoarelor.

7) La conductoarele de aluminiu, șaibele trebuie să aibă un diametru mai mare decît cel normal, pentru a evita deformarea aluminiului.

8) În cazul curenților alternativi care depășesc 500 A, trebuie să rămînă o mică distanță între șaibele șuruburilor alăturate, pentru a evita încălziri inadmisibile prin curenți turbionari.

La curenți de 4 000 A sau mai mari se folosesc exclusiv șuruburi din material nemagnetic.

9) Șuruburile de oțel trebuie să fie zincate sau bicromatizate.

10) În cazul îmbinărilor între cupru sau aluminiu în spații umede sau în exterior sînt necesare plăci intermediare cupal.

În astfel de spații, chiar pentru îmbinările între conductoare din același material, se recomandă etanșarea rosturilor cu un lac fără conținut acid și rezistent la acid (de exemplu, bronz de argint).

11) În cazul conductoarelor lungi (de exemplu, bare colectoare), se recomandă îmbinările prin sudură.

12) Pentru controlul temperaturilor la îmbinări, se recomandă folosirea unor vopsele care își schimbă culoarea după temperatură. Întrucît aceste vopsele conțin, în general, mercur, se recomandă aplicarea lor numai pe capul șuruburilor și nu pe conductoare.

13) Pentru înlăturarea efectelor dăunătoare ale dilatării termice a conductoarelor, in special în caz de scurtcircuit (apariția unor forțe exercitate asupra punctelor de susținere și deformarea legăturilor de derivație), se prevăd piese de dilatare la conductoarele de lungime mai mare. Aceste piese sînt constituite din foi de aluminiu sau cupru (după materialul conductoarelor) dispuse în pachete și solidarizate la capete.

Distanța dintre două piese de dilatare se determină în funcție de dilatarea admisă la scurtcircuit. Alungirea specifică a conductorului cu creșterea temperaturii rezultă din relația :

$$100 \frac{\Delta l}{l} = 100 \cdot \alpha \cdot \Delta t, \quad [\%]$$

în care :

l este lungimea inițială a conductorului, m ;
Δl — alungirea datorată dilatării termice a conductorului, m ;
Δt — diferența de temperatură, °C ;
α — coeficientul de dilatare termică liniară, $°C^{-1}$;

acest coeficient are următoarele valori :

— pentru aluminiu : $\alpha = 24 \times 10^{-6}$ $°C^{-1}$;
— pentru cupru moale : $\alpha = 17 \times 10^{-6}$ $°C^{-1}$;
— pentru cupru tare : $\alpha = 16{,}2 \times 10^{-6}$ $°C^{-1}$.

Conductoarele de lungime mică, racordate la bornele aparatelor, nu necesită măsuri speciale, dacă sînt îndoite și pot prelua dilatări. În cazul traseelor rectilinii, se recomandă prevederea unor îndoituri speciale pentru preluarea dilatărilor.

14) În cazul legăturilor la aparate care vibrează, se prevăd piese flexibile pentru preluarea vibrațiilor, care să împiedice transmiterea acestora la alte aparate.

Anexa 7

Datele necesare pentru proiectare

1) Caracterul instalației (interioară sau exterioară).

2) Zona geografică și altitudinea.

3) Datele climatice statistice ale zonei de amplasare :

— în cazul instalațiilor de exterior : temperatura maximă absolută a aerului, viteza maximă a vîntului, viteza vîntului cînd există chiciură, greutatea depunerilor de chiciură, gradul de poluare a atmosferei cu agenți nocivi pentru materialul conductoarelor ;

— în cazul instalațiilor de interior : temperatura maximă absolută a aerului, viteza curentului de aer (dacă există), gradul de poluare a atmosferei cu agenți nocivi pentru materialul conductoarelor.

4) Destinația încăperii (în cazul instalațiilor de interior).

5) Destinația circuitului.

6) Tensiunea nominală și tensiunea maximă de serviciu (dacă diferă de prevederile STAS 6489).

7) Frecvența nominală a rețelei.

8) Curentul nominal al circuitului.

9) Curentul maxim de durată al circuitului (dacă corespunde supraîncărcării de durată admise sau previzibile pentru consumatorii sau linia alimentată).

În circuitele generatoarelor și ale transformatoarelor-bloc se consideră că nu există posibilități de supraîncărcare de durată.

În circuitele celorlalte transformatoare, supraîncărcarea de durată se consideră cea indicată de întreprinderea constructoare pentru durata de 2 ore (supraîncărcare în caz de avarie în instalație, cu depășirea limitelor de temperatură admise în mod normal). În lipsa indicațiilor întreprinderii constructoare se va admite o supraîncărcare de durată de 25—30% peste sarcina nominală.

10) Regimul suprasarcinilor de durată limitată (dacă există și depășesc curentul maxim de durată).

Pentru regimuri de lucru intermitente : durata de funcționare și durata totală a ciclului.

11) Datele de scurtcircuit, și anume :

I''_k — valoarea eficace inițială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit trifazat (I''_{k_3}), bifazat (I''_{k_2}) sau monofazat (I''_{k_1}) ;

I_k — valoarea eficace a curentului stabilizat de scurtcircuit trifazat (I_{k_3}), bifazat (I_{k_2}) sau monofazat (I_{k_1}) ;

R/X — R și X reprezentînd partea reală și coeficientul părții imaginare ale impedanței complexe a căii de scurtcircuit.

Este necesar să se cunoască tipul scurtcircuitului (trifazat, bifazat sau monofazat) și punctul de defect care duc la solicitarea termică maximă. La nevoie se vor face mai multe verificări.

În circuitele trifazate, stabilitatea electrodinamică este determinată de curentul de scurtcircuit trifazat.

Se va ține seama atît de situația rețelei în perioada instalării conductoarelor, cît și de dezvoltarea ei în viitor. În acest scop se recomandă stabilirea unei puteri de scurtcircuit plafon, pentru care se dimensionează întreaga instalație sau cel puțin părțile care sînt mai greu de înlocuit în viitor.

12) Timpul de declanșare total al protecției de bază :

— În cazul existenței reanclanșării automate se vor lua în considerare componența ciclului de funcționare și timpul de declanșare total la fiecare declanșare din ciclu.

— Dacă protecția de bază are zone moarte, precum și în cazul circuitelor care necesită o mare siguranță, se va indica, de asemenea, timpul de declanșare total al protecției de rezervă.

13) Elementele geometrice ale deschiderii.

14) Limita de curgere tehnică inferioară ($\sigma_{0,2}$) și superioară ($\sigma'_{0,2}$) a materialului conductoarelor. Dacă aceste valori nu sînt cunoscute, se poate utiliza metoda de calcul al rezistențelor admisibile (conform anexei 2).

Anexa 8

Exemplul de calcul I

(Pachete de bare dreptunghiulare într-o stație interioară)

Datele necesare pentru proiectare

1) Caracterul instalației : instalație interioară.
2) Zona geografică : regiunea subcarpatică, altitudinea : 500 m.
3) Temperatura maximă absolută a aerului în interior $\theta_s = +35°C$. Atmosfera nu este poluată.
4) Destinația încăperii : sală de conexiuni.
5) Destinația circuitului : bare colectoare.
6) Tensiunea nominală : $U_n = 10$ kV.
Tensiunea maximă de serviciu : $U_n = 12$ kV.
7) Frecvența nominală a rețelei : 50 Hz.
8) Curentul nominal al circuitului rezultă din puterea maximă de tranzit : P=30 MVA.

$$I_{nc} = \frac{P}{\sqrt{3}\, U_n} = \frac{30\,000}{\sqrt{3} \times 10} = 1\,730 \text{ A.}$$

9) Curentul maxim de durată al circuitului : aceeași valoare ca mai sus :

$$I_{md} = I_{nc} = 1\,730 \text{ A.}$$

10) Regimul suprasarcinilor de durată limitată : nu există astfel de suprasarcini.

11) Datele de scurtcircuit : pe baza mai multor verificări, s-a constatat că solicitarea termică maximă este determinată de scurtcircuitul trifazat.

Puterea de scurtcircuit trifazat la timpul 0 : $P''_{k_3} = 250$ MVA.
Puterea de scurtcircuit trifazat stabilizată : $P_{k_3} = 200$ MVA.

$$I''_{k_3} = \frac{P''_{k_3}}{\sqrt{3}\, U_n} = \frac{250}{\sqrt{3} \times 10} = 14{,}4 \text{ kA}$$

$$I_{k_3} = \frac{P_{k_3}}{\sqrt{3}\, U_n} = \frac{200}{\sqrt{3} \times 10} = 11{,}5 \text{ kA}$$

$R/X = 0{,}1$

12) Timpul de declanșare total al protecției de bază : 0,8 s.
Timpul de declanșare total al protecției de rezervă : 3 s.
Circuitul prezintă o mare importanță, deci se va lua în considerare protecția de rezervă.

Nu există reanclanşare automată.

13) Elementele geometrice ale deschiderii sînt indicate în figura 14. Lungimea derivaţiilor :

— fazele R şi T : 60 cm ;
— faza S : 50 cm.

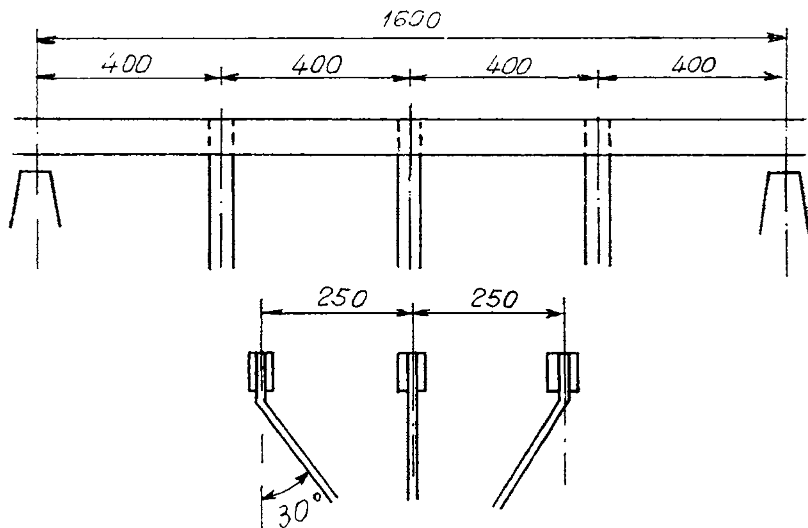


Fig. 14

14) Limita de curgere tehnică a materialului conductoarelor diferă după sortimente. Se presupune că sînt respectate valorile indicate în anexa 5 şi în tabelul 12.

Materialul conductoarelor

Neexistînd condiţii climatice şi de mediu speciale, se vor folosi bare dreptunghiulare de aluminiu, sub rezerva că, în urma calculului mecanic, nu vor rezulta eforturi foarte mari şi nu vor fi necesare profiluri.

Curentul maxim de durată

1) Conductoarele vor fi vopsite.
2) Barele vor fi aşezate pe muchie.
3) Temperatura aerului înconjurător fiind diferită de +25°C, trebuie să se aplice coeficientul de corecţie din tabelul 8 :

$$k=0,884$$

4) Curentul admisibil la temperatura ambiantă de + 25°C și la temperatura conductorului de + 70°C :

$$I_{da} \geqslant \frac{I_{md}}{k} = \frac{1\,730}{0{,}883} = 1\,960 \text{ A}$$

Din tabelul 1 rezultă că sînt posibile următoarele soluții :

Al 2×(60×10)	1 200 mm²	I_a =1 930 A
Al 2×(100× 5)	1 000 mm²	I_a =2 160 A
Al 3×(50×10)	1 500 mm²	I_a =2 250 A
Al 3×(80× 5)	1 200 mm²	I_a =2 300 A

Se alege soluția cea mai economică : Al 2×(100×5) mm.

Curentul admisibil la temperatura ambiantă de +35°C este :

$$I'_{da} = kI_{da} = 0{,}884 \times 2\,160 = 1\,910 \text{ A.}$$

Stabilitatea termică

1) Factorul de șoc conform PE 103.

$$\varkappa = 1{,}76$$

2) Coeficientul m, care ține seama de aportul componentei aperiodice a curentului de scurtcircuit, rezultă conform PE 103.

$$m = 0$$

◆ 3) Coeficientul n, care ține seama de variația în timp a valorii eficace a compentei periodice rezultă în funcție de raportul :

$$\frac{I''_{k_3}}{I_{k_3}} = \frac{14{,}4}{11{,}5} = 1{,}25$$

$$n = 0{,}86$$

4) Curentul echivalent al scurtcircuitului :

$$I_m = I''_{k_3}\sqrt{(m+n)t} = 14{,}4\sqrt{(0+0{,}86)\times 3} = 23{,}2 \text{ kA}$$

5) Temperatura inițială a conductorului θ_c (la începutul scurtcircuitului) se poate determina exact :

$$\theta_c = \theta + (70-\theta_a)\frac{I^2_{md}}{I^2_d} = 35 + (70-25)\frac{1\,730^2}{2\,160^2} = 64°C$$

6) Temperatura admisibilă pentru aluminiu la sfîrșitul scurtcircuitului :

$$\theta_{sc} = 180°C$$

7) Densitatea de curent admisibilă la scurtcircuit rezultă din PE 103 :

$$j_t = 84 \text{ A/mm}^2$$

8) Secțiunea necesară :

$$S_{nec} = \frac{I_m}{j_t} = \frac{23\,200}{84} = 276 \text{ mm}^2$$

Secțiunea aleasă (1 000 mm^2) este deci suficientă.

Calculul mecanic

1) Direcția forțelor electrodinamice coincide cu una dintre axele principale ale secțiunii conductoarelor.

Conductoarele se pot considera încastrate total la ambele capete ale deschiderii.

2) Se prevăd piese de rigidizare în punctele de sprijin pe izolatoare și la derivații.

3) Curentul de scurtcircuit de șoc :

$$i_a = \varkappa\sqrt{2}\, I''_{k_3} = 1{,}76\sqrt{2} \times 14{,}4 = 35{,}8\text{kA}.$$

4) Forța totală maximă între faze, care se exercită asupra întregii deschideri, este :

$$F = 2\,\frac{L}{a}\, i_s^2 \cdot 10^{-2} = 2\,\frac{160}{25} \times 35{,}8^2 \times 10^{-2} = 167 \text{ daN}$$

5) Distanța fictivă dintre conductoarele pachetului este indicată în tabelul 11 :

$$a_f = 4 \text{ cm}$$

6) Forța totală maximă dintre conductoarele pachetului, care se exercită asupra unei deschideri cuprinse între două piese intermediare vecine are valoarea :

$$F_b = 2\,\frac{L_b}{a_f}\left(\frac{i_s}{n}\right)^2 \cdot 10^{-2} = 2\,\frac{40}{4}\left(\frac{35{,}8}{2}\right)^2 \times 10^{-2} = 65 \text{ daN}$$

7) Modulul de rezistență al unei singure bare este indicat în tabelul 1 :

$$W_y = 0{,}417 \text{ cm}^3$$

8) Modulul de rezistență compus al pachetului de conductoare se calculează conform anexei 3 :

$$W_0 = \frac{26}{3} \times W_y = \frac{26}{3} \times 0{,}417 = 3{,}62 \text{ cm}^3$$

Întrucît în interiorul deschiderii există trei piese de rigidizare, se admite în calcul o valoare egală cu 60% din cea determinată mai sus :

$$W_0 = 0{,}6 \times 3{,}62 = 2{,}17 \text{ cm}^3$$

9) Coeficientul de corecție ν pentru instalațiile de curent alternativ este :

$$\nu = 1$$

10) Rezistența în conductor la scurtcircuit :

— datorită eforturilor electrodinamice dintre faze :

$$\sigma = \nu \frac{FL}{12 W_0} = 1 \times \frac{167 \times 160}{12 \times 2{,}17} = 1\,020 \text{ daN/cm}^2$$

— datorită eforturilor electrodinamice dintre barele aceleiași faze :

$$\sigma_b = \nu \frac{F_b \cdot L_b}{12 W_y} = 1 \times \frac{65 \times 40}{12 \times 0{,}417} = 520 \text{ daN/cm}^2$$

11) Limita de curgere tehnică pentru barele trase de Al 100×5 (calitate 1/2 t), conform tabelului 12 va fi :

$$\sigma_{0,2} = 700 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma'_{0,2} = 1\,100 \text{ daN/cm}^2$$

12) Rezistența totală :

$$\sigma + \sigma_b = 1\,020 + 520 = 1\,540 \text{ daN/cm}^2$$

Nu este îndeplinită prima dintre condițiile :

$$\sigma + \sigma_b < 2\sigma_{0,2}$$

$$\sigma_b \leqslant \sigma_{0,2}$$

Este necesar un calcul exact al coeficienților ν și ν_i, conform anexei 1.

13) Momentul de inerţie al unui conductor al fasciculului este indicat în tabelul 1 :

$$J_y = 0{,}104 \text{ cm}^4$$

14) Modulul de elasticitate al aluminiului, conform anexei 4, este :

$$E = 650\,000 \text{ daN/cm}^2$$

15) Greutatea unitară a conductorului este indicată în tabelul 1 :

$$g = 0{,}0135 \text{ daN/cm}$$

16) Frecvenţa proprie a unui element al pachetului de conductoare :

$$f_{00} = \frac{112}{L^2}\sqrt{\frac{EJ_y}{g}} = \frac{112}{160^2}\sqrt{\frac{650\,000 \times 0{,}104}{0{,}0135}} = 9{,}8 \text{ s}^{-1}$$

17) Factorul de corecţie c_1 :

— Greutatea unei piese intermediare (100 × 60 × 5 mm), inclusiv şuruburile :

$$G = 0{,}5 \text{ daN}$$

— Raportul G/ngL :

$$\frac{G}{ngL} = \frac{0{,}5}{2 \times 0{,}0135 \times 160} = 0{,}115$$

Din figura 9 a rezultă :

$$c_1 = 1{,}48$$

18) Factorul de corecţie c_2 :

— Momentul de inerţie compus al pachetului de conductoare se calculează conform anexei 3 şi, întrucît în deschidere există trei piese de rigidizare, valoarea se reduce la 60%.

$$J_0 = 0{,}6 \times 25\ J_y = 0{,}6 \times 26 \times 0{,}104 = 1{,}62 \text{ cm}^4$$

— Momentul de inerţie al conductorului de derivaţie (60×5 mm) :

$$J_d = 0{,}625 \text{ cm}^4$$

— Lungimea conductorului de derivaţie :

— fazele R şi T : $L_d = 60$ cm ;

— faza S : $L_d = 50$ cm.

Întrucît $J_d < J_0$, dar $L_d > 0{,}3\ L = 0{,}3 \times 1\,600 = 48$ cm, legăturile de derivaţie sînt elastice.

— Distanța legăturii de derivație pînă la cel mai apropiat punct de sprijin :

— fazele R și T : $L_s = 40$ cm ;

— faza S : $L_s = 80$ cm.

— Factorul de nesimetrie u al legăturii de derivație rezultă din figura 11, în funcție de raportul L_s/L :

— fazele R și T : $\frac{L_s}{L} = \frac{40}{160} = 0{,}25 \qquad u_e = 0{,}31$

— faza S : $\frac{L_s}{L} = \frac{80}{160} = 0{,}5 \qquad u_e = 1$

— Factorul de corecție rezultă din relația :

$$c_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \cdot \frac{J_e}{J_0} \left(\frac{L}{L_e}\right)^3 u_e}{1 + \frac{S_e}{S'} \cdot \frac{L_e}{L} \cdot u_e}}$$

— fazele R și T :

$$c_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \cdot \frac{0{,}0625}{1{,}62} \left(\frac{160}{60}\right)^3 \times 0{,}31}{1 + \frac{3}{10} \cdot \frac{60}{160} \times 0{,}31}} = 0{,}99$$

— faza S :

$$c_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \cdot \frac{0{,}0625}{1{,}62} \left(\frac{160}{50}\right)^3 \times 1}{1 + \frac{3}{10} \cdot \frac{50}{160} \times 1}} = 0{,}995$$

19) Factorul de corecție c_3 este diferit de 1 numai la fazele R și T, ale căror derivații sînt îndoite.

— Factorul de corecție c'_1, calculat pentru deschiderea $L—L_s$, este :

$$\frac{G}{ng\,(L - L_s)} = \frac{0{,}5}{2 \times 0{,}0135(160 - 40)} = 0{,}155$$

$$c'_1 = 1{,}35$$

— Întrucît în deschiderea $L—L_s$ nu mai există nici o derivație :

$$c'_2 = 1$$

— Factorul c_3 rezultă din relația :

$$c_3=1+\left[\left(\frac{L}{L-L_s}\right)^2\cdot\frac{c'_1\cdot c'_2}{c_1c_2}-1\right]\sin\alpha$$

— fazele R și T :

$$c_3=1+\left[\left(\frac{160}{160-40}\right)^2\cdot\frac{1{,}35\times1}{1{,}48\times0{,}99}\right]\times\frac{2}{1}=1{,}32$$

— faza S :

$$c_3=1$$

20) Raportul frecvențelor rezultă din relația :

$$\frac{f_0}{f}=\frac{f_{00}}{f}\cdot c_1c_2c_3$$

— fazele R și T : $\frac{f_0}{f}=\frac{9{,}8}{50}\times1{,}48\times0{,}99\times1{,}32=0{,}38$

— faza S : $\frac{f_0}{f}=\frac{9{,}8}{50}\times1{,}48\times0{,}995\times1=0{,}29$

Situația cea mai defavorabilă este la fazele R și T.

21) Coeficienții ν și ν_i se determină pentru fazele R și T cu ajutorul figurii 8 :

$$\nu=0{,}7$$

$$\nu_i=0{,}9$$

22) Rezistența în conductor la scurtcircuit, datorată eforturilor electrodinamice între faze :

$$\sigma=\nu\frac{FL}{12\ W_0}=0{,}7\frac{167\times160}{12\times2{,}17}=714\ \text{daN/cm}^2$$

Pentru determinarea rezistenței datorate eforturilor dintre barele aceleiași faze rămîn valabile coeficientul $\nu=1$ și valoarea calculată anterior :

$$\sigma_b=520\ \text{daN/cm}^2$$

23) Rezistența totală :

$$\sigma+\sigma_b=714+520=1\ 234\ \text{daN/cm}^2$$

Sînt îndeplinite condițiile :

$$\sigma+\sigma_b=\leqslant2\ \sigma_{0,2}$$

$$\sigma_b\leqslant\sigma_{0,2}$$

Dacă s-ar fi utilizat metoda rezistenţelor admisibile, conductoarele nu ar fi putut fi considerate stabile electrodinamic, întrucît nu ar fi fost îndeplinită condiţia :

$$\sigma+\sigma_b \leqslant \sigma_a$$

24) Forţa maximă exercitată asupra punctelor de sprijin este :

$$F_i = \nu_i\ F=0{,}9\times167=150\ \text{daN}.$$

Date şi rezultate de calcul

Conductoare neizolate rigide

A. Date generale

1	Zona geografică	Regiunea subcarpatică		
2	Altitudinea	500 m		
3	Caracterul instalaţiei	Interioară		
4	Date climatice	Temperatura maximă a aerului	°C	35
		Viteza maximă a vîntului	m/s	—
		Viteza vîntului cînd există chiciură	m/s	—
		Greutatea depunerilor de chiciură	daN/m	—
5	Tensiunea nominală	10 kV		
6	Tensiunea maximă de serviciu	12 kV		
7	Destinaţia încăperii	Sală de conexiuni		

B. Caracteristicile conductoarelor

Nr. crt.	Circuitul sau porţiunea de circuit	Conductorul ales	
		Material	Dimensiuni, mm
1	Bare colectoare	Al	2×(100×5)

C. **Calculul electric**

Nr. crt.	Criteriul de dimensionare		Simbol	Unitatea de măsură	Valoarea pentru diverse circuite 1	2	3
0	1		2	3	4	5	6
1	Elementele geometrice	Distanța dintre faze	a	cm	25		
		Lungimea deschiderii	L	cm	160		
		Distanța dintre piesele de distanțare	L_b	cm	40		
2	Curentul maxim de durată	Curentul maxim de durată al circuitului	I_{md}	A	1730		
		Coeficientul de corecție pentru temperatură	k_1	—	0,884		
		Coeficientul de corecție la curent de aer	k_2	—	1		
		Coeficientul de corecție pentru bare pe lat	k_3	—	1		
		Coeficientul de corecție pentru bare verticale	k_4	—	1		
		Coeficientul de corecție pentru altitudine	k_5	—	1		
		Curentul admisibil	I'_d	A	1910		
3	Stabilitatea	Curentul I''_k	I''_k	kA	14,4		
		Curentul I_k	I_k	kA	11,5		
		Raportul I''_k / I_k	—	—	1,25		
		Raportul R/X		—	0,1		
		Factorul de șoc	$\varkappa$	—	1,76		

0	1			2	3	4	5	6
	termică la scurt-circuit	Timpul de declanșare total	La prima declanșare	t	s	3		
			La a doua declanșare	t	s	—		
		Coeficientul m	La prima declanșare	m	—	0		
			La a doua declanșare	m	—	—		
		Coeficientul n	La prima declanșare	n	—	0,86		
			La a doua declanșare	n	—	—		
		Curentul mediu echivalent	La prima declanșare	I_{m1}	kA	23,2		
			La a doua declanșare	I_{m2}	kA	—		
			Total	I_m	kA	23,2		
		Temperatura conductorului	Inițială	θ_c	°C	64		
			Finală	θ_{sc}	°C	180		
		Densitatea de curent admisibilă		j_t	A/mm²	84		
		Secțiunea necesară		S_{nec}	mm²	276		
4	Efectul corona	Cîmpul critic de efect corona		E_{cor}	kV/cm	—		
		Cîmpul maxim la suprafața conductorului		E_m	kV/cm	—		

D. Calculul mecanic

Nr. crt.	Criteriul de dimensionare		Simbol	Unitatea de măsură	Valoarea pentru diverse circuite 1	2	3
0	1		2	3	4	5	6
1	Curentul de scurtcircuit de șoc		i_s	kA	35,8		
2	Greutatea unitară a conductorului		g	daN/m	1,35		
3	Greutatea depunerilor de chiciură		g'_e	daN/m	—		
4	Forța vîntului	Cînd nu există chiciură	p_p	daN/m	—		
		Cînd există chiciură	p_c	daN/m	—		
5	Distanța fictivă dintre elementele pachetului		a_f	cm	4		
6	Momentul de inerție al unui conductor		J	cm^4	0,104		
7	Modulul de rezistență al unui conductor		W	cm^3	0,417		
8	Modulul de rezistență al pachetului		W_0	cm^3	2,17		
9	Forța totală	În deschidere	F	daN	167		
		Între două piese intermediare	F_b	daN	65		
10	Frecvența proprie a conductorului	Pentru un element al pachetului	f_{00}	s^{-1}	9,8		
		Factori de corecție	c_1	—	1,48		
			c_2	—	0,99		
			c_3	—	1,32		
		Raportul frecvențelor f_0/f	—	—	0,38		
11	Coeficienții de corecție pentru oscilații		ν	—	0,7		
			ν_i	—	0,9		

0	1		2	3	4	5	6
12	Rezistențele în conductor	Eforturile între faze	σ	daN/cm^2	1020		
		Eforturile între barele aceleiași faze	σ_b	daN/cm^2	520		
		Greutatea proprie, chiciură și vînt	σ'	daN/cm^2	—		
		Suma geometrică $\sigma+\sigma'$	σ''	daN/cm^2	—		
		Suma aritmetică $\sigma+\sigma_b$ (sau $\sigma''+\sigma_b$)	—	daN/cm^2	1540		
		Suma aritmetică $\sigma'+\sigma_b$	—	daN/cm^2	—		
13	Limita de curgere tehnică a conductorului		$\sigma_{0,2}$	daN/cm^2	700		
			$\sigma'_{0,2}$	daN/cm^2	1100		
14	Rezistența admisibilă a conductorului		σ_a	daN/cm^2	—		
15	Forța asupra punctului de sprijin		F_i	daN	150		

1 kgf ~ 1 daN.

Anexa 9

Solicitările electrodinamice maxime în bara colectoare cu amplasarea fazelor în vîrfurile unui triunghi dreptunghic

Pentru calculul analitic al rezistenței mecanice al oricărui tip de bare colectoare este necesar să se cunoască legea de distribuție a vectorilor solicitărilor electrodinamice pe toate direcțiile, avînd module maxime.

Considerînd numai interacțiunile dintre faze, legea de distribuție a solicitărilor electrodinamice pentru bara colectoare în dispoziția analizată (fig. 15) se poate exprima cu următoarele formule : (1), (2), (3), (4), (5), (6) unde :

BARA A

$$f_{Ax} = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot A \cdot i_y^2 \sin\psi_1 \cdot \cos\psi_1 \qquad (1)$$

$$f_{Ay} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot A \cdot i_y^2 \sin^2\psi_1 \qquad (2)$$

BARA B

$$f_{Bx} = \frac{1}{2} \cdot A\, i_y^2 \left(\frac{1}{4} - \cos^2 \psi_1 \right) \qquad (3)$$

$$f_{By} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot A\, i_y^2 \left(\frac{\sqrt{3}}{4} + \sin \psi_1 \cos \psi_1 \right) \qquad (4)$$

BARA C

$$f_{Cx} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot A\, i_y^2 \left(\frac{\sqrt{3}}{4} - \sin \psi_1 \cdot \cos \psi_1 \right) \qquad (5)$$

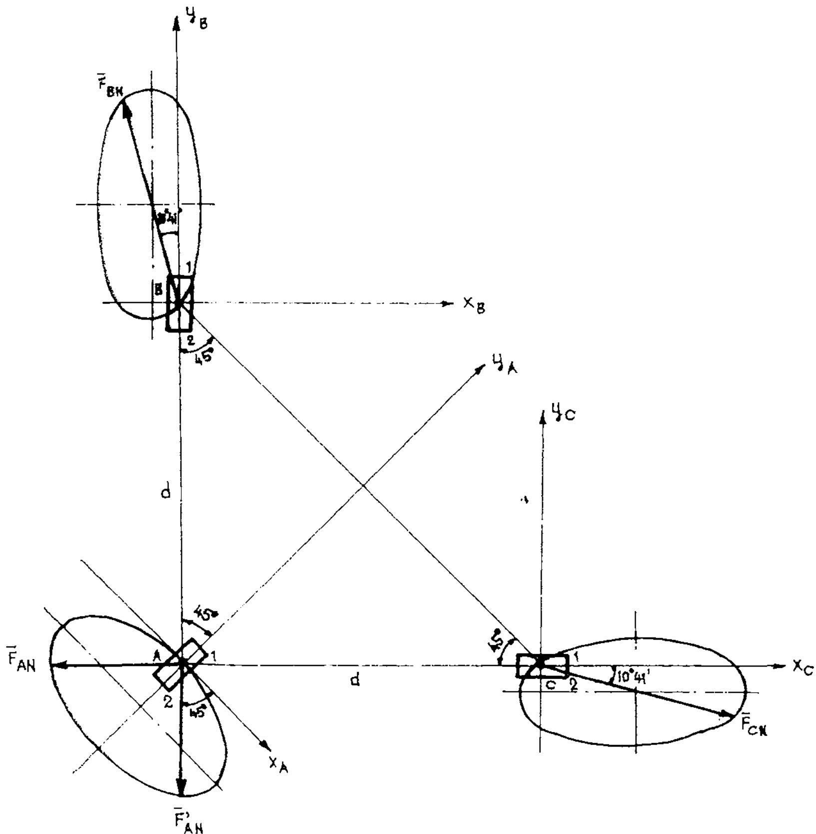


Fig. 15. Diagrama forţelor electrodinamice în barele dispuse după vîrfurile unui triunghi.

$$f_{Cy} = \frac{1}{2} \cdot A\, i_y^2 \left(\frac{1}{4} - \cos^2 \psi_1 \right), \qquad (6)$$

unde :

$$\boxed{A = 2 \cdot 10^{-7}\, \frac{1}{d} \left[\frac{N}{A^2 m} \right]} \qquad (7)$$

$$i_y = I_M \left(1 + e^{\frac{-\pi}{\omega T_a}} \right) \cdot [A] \qquad (8)$$

În formulele (7) şi (8) d este distanţa dintre centrele de greutate ale secţiunilor transversale ale barelor (fig. 15), exprimată în m, i_y este curentul de şoc al scurtcircuitului trifazat, exprimat în A, I_M este amplitudinea componentei periodice a curentului de scurtcircuit trifazat, în A, iar T_a este constanta de timp a componentei aperiodice a curentului de scurtcircuit, exprimată în s.

Formulele (1) — (6) reprezintă proiecţiile pe axele de coordonate X_A, Y_A, X_B, Y_B, X_C, Y_C (fig. 15) ale vectorilor solicitărilor electrodinamice f_A, f_B şi f_C aplicate pe porţiuni de bare cu lungimea de 1 m şi cu cele mai mari module pentru toate direcţiile vectorilor (solicitărilor electrodinamice).

Expresiile (1) — (6) sînt ecuaţiile parametrice ale elipselor (fig 18) al căror parametru este faza iniţială a scurtcircuitului trifazat ψ_1. Aceste elipse demonstrează evident legitatea arătată mai sus, iar vectorul de solicitare electrodinamică trasat pe o direcţie arbitrară (în planul său de acţiune) din centrul de greutate al secţiunii transversale al barei pentru un anume punct de pe elipsa corespunzătoare va avea cel mai mare modul pe această direcţie.

Se demonstrează că cele mai mari valori ale modulelor vectorilor solicitărilor electrodinamice $\overline{f_{AN}}$, $\overline{f'_{AN}}$, $\overline{f_{BN}}$ şi $\overline{f_{CN}}$ (fig. 15) care pot acţiona asupra fazelor barei colectoare analizate se exprimă prin relaţiile :

$$f_{AN} = f'_{AN} = \frac{3}{4} \cdot A i_y^2 \qquad (9)$$

$$f_{BN} = f_{CN} = \frac{1{,}16}{\sqrt{2}} \cdot A i_y^2 \qquad (10)$$

Legitatea exprimată cu formulele (1) — (6) se utilizează pentru determinarea analitică a celor mai mari tensiuni mecanice (σ) în valoare absolută, care apar în barele cu secţiuni de formă oarecare sub acţiunea forţelor electrodinamice.

Astfel, este necesar ca ecuaţiile elipselor de mai sus să fie scrise pentru acele sisteme de coordonare ale căror axe coincid cu axele centrale principale de inerţie ale secţiunilor transversale ale barelor. Ecuaţiile (1) — (6) au fost scrise pentru amplasarea axelor de coordonate corespunzătoare dispoziţiei din figura 15, dar pot fi transformate pentru oricare alt sistem de axe de coordonate.

Utilizînd (1) — (6) pentru barele cu secțiune dreptunghiulară au fost stabilite următoarele expresii, care determină mărimile absolute ale tensiunilor mecanice $|\sigma_{A1}|$, $|\sigma_{A2}|$, $|\sigma_{B1}|$, $|\sigma_{B2}|$, $|\sigma_{C1}|$, $|\sigma_{C2}|$ în punctele 1 și 2 ale acestor secțiuni (fig. 15).

BARA A

$$|\sigma_{A1}| = \frac{A \cdot i_y^2 \, b^2}{\sqrt{2} \, 10 \, W_{x_A}} \left[\frac{\sqrt{3} \, W_{x_a}}{W_{y_A}} \cdot \sin \psi_1 \cos \psi_1 - \sin^2 \psi_1 \right], \left[\frac{N}{m^2} \right] \qquad (11)$$

$$|\sigma_{A2}| = \frac{A \cdot i_y^2 \, b^2}{\sqrt{2} \, 10 \, W_{x_a}} \left[\frac{\sqrt{3} \, W_{x_A}}{W_{y_A}} \cdot \sin \psi_1 \cos \psi_1 + \sin^2 \psi_1 \right]$$

BARA B

$$|\sigma_{B1}| = \frac{A \cdot i_y^2 \, b^2}{20 \cdot W_{x_B}} \left[\frac{W_{x_B}}{4 \, W_{y_B}} + \frac{3}{4} - \frac{W_{x_B}}{W_{y_B}} \cdot \cos^2 \psi_1 + \sqrt{3} \cdot \sin \psi_1 \cdot \cos \psi_1 \right], \left[\frac{N}{m^2} \right] \qquad (12)$$

$$|\sigma_{B2}| = \frac{A \cdot i_y^2 \, b^2}{20 \cdot W_{x_B}} \left[\frac{W_{x_B}}{4 \, W_{y_B}} - \frac{3}{4} - \frac{W_{x_B}}{W_{y_B}} \cdot \cos^2 \psi_1 - \sqrt{3} \cdot \sin \psi_1 \cdot \cos \psi_1 \right]$$

BARA C

$$|\sigma_{C1}| = \frac{A \cdot i_y^2 \, b^2}{20 \, W_{x_c}} \left[\frac{3 \, W_{x_c}}{4 \, W_{y_c}} + \frac{1}{4} - \sqrt{3} \, \frac{W_{x_c}}{W_{y_c}} \cdot \sin \psi_1 \cdot \cos \psi_1 - \cos^2 \psi_1 \right], \left[\frac{N}{m^2} \right] \qquad (13)$$

$$|\sigma_{C2}| = \frac{A \cdot i_y^2 \, b^2}{20 \cdot W_{x_c}} \left[\frac{3 \, W_{x_c}}{W_{y_c}} - \frac{1}{4} - \sqrt{3} \frac{W_{x_c}}{W_{y_c}} \cdot \sin \psi_1 \cdot \cos \psi_1 + \cos^2 \psi_1 \right], \left[\frac{N}{m^2} \right] \qquad (14)$$

în care :

W_{x_A}, W_{y_A}, W_{x_B}, W_{y_B}, W_{x_C}, W_{y_C} reprezintă momentele de rezistență a secțiunilor barelor considerate, raportate la axele principale (centrale) de inerție (fig. 1), m^3 ;

l — lungimea deschiderii barei între două izolatoare consecutive de susținere, m.

La stabilirea relațiilor (9)—(14), barele au fost considerate ca grinzi statice.

Luînd ψ_1 ca o variabilă independentă a funcţiilor (9)—(14) şi considerînd valorile de maxim, se poate determina tensiunea cea mai mare în mărime absolută. care apare în barele analizate (fig. 15) sub acţiunea solicitărilor electrodinamice. Studii analoage se pot efectua pentru barele cu orice formă a secţiunii.

Astfel, legea distribuţiei celor mai mari solicitări electrodinamice, exprimată cu formulele (1)—(6) permite să se determine analitic tensiunile mecanice cele mai mari în valoare absolută, care apar în bara colectoare analizată sub acţiunea solicitărilor electrodinamice.

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucţiuni pentru proiectarea staţiilor de conexiuni şi transformare Separatoare de înaltă tensiune	PE 111-5/75 Grupa 1 Electro-energetică

◆ CUPRINS

Aprobat prin ordinul M.E.E. nr. 579/2.08.75	Înlocuieşte :	Data intrării în vigoare : 1 dec. 1975

1. DOMENIUL DE APLICARE

Prezentele instrucțiuni se aplică la alegerea sau verificarea separatoarelor și a dispozitivelor de legare la pămînt din stațiile de conexiuni și transformare, stațiile electrice aferente centralelor, precum și din posturile de transformare pentru curent alternativ cu frecvența de 50 Hz și tensiuni nominale mai mari de 1 kV.

Instrucțiunile tratează și separatoarele de scurtcircuitare și de sarcină, inclusiv dispozitivele de acționare ale acestora.

În anexă se prezintă un exemplu de calcul de alegere a unui separator de înaltă tensiune, ca model pentru proiectarea instalațiilor din stațiile de centrale sau de rețea.

2. PRESCRIPȚII TEHNICE EXISTENTE

◆ 2.1. Standarde

STAS 1564-1-76 — Separatoare de curent alternativ pentru tensiuni peste 1 kV. Condiții tehnice generale.

STAS 5081-73 — Aparate electrice de conectare și de protecție cu tensiuni peste 1 kV. Terminologie.

STAS 6669/1-77 — Încercarea echipamentului electric de înaltă tensiune.

STAS 6669/1-77 — Încercări la înaltă tensiune. Prescripții generale.

STAS 6669/2-77 — Încercări la înaltă tensiune. Metode de încercare.

STAS 6489-67 — Rețelele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolației. Niveluri de izolație și de protecție.

◆ 2.2. Prescripții, normative, instrucțiuni

PE 003/79 — Nomenclatorul de verificări, încercări și probe privind montajul, punerea în funcțiune și darea în exploatare a instalațiilor energetice.

PE 013/79	— Normativ privind metodele și elementele de calcul al siguranței în funcționare a instalațiilor energetice.
PE 101/77	— Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.
PE 103/70	— Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice, în condițiile curenților de scurtcircuit.
PE 109/74	— Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor atmosferice.
PE 116/78	— Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice, la punerea în funcțiune și în exploatare.
CIMAE	— Instrucțiuni de montaj și exploatare pentru separatoare de interior 3÷35 kV, 200÷6 300 A.
CIMAE	— Instrucțiuni de montaj și exploatare pentru separatoare de exterior 10÷400 kV, 200÷1 600 A.
CIMAE	— Instrucțiuni de montaj și exploatare pentru dispozitive de acționare tip AME, AP, ASE.
CIMAE	— Norme interne pentru separatoare de interior și exterior.

3. CONDIȚII DE INSTALARE

3.1. Tipul interior sau exterior

Se vor alege separatoare sau dispozitive de legare la pămînt de interior, în cazurile în care montarea lor se face într-o clădire sau într-un spațiu adăpostit, unde izolația este protejată contra ploii, zăpezii, depunerilor anormale de praf, condensării anormale (inclusiv roua și chiciura), la nevoie prin

încălzirea și ventilarea încăperii cu aer în condiții normale de temperatură și puritate. În celelalte cazuri se vor alege aparate de exterior special construite pentru condiții de funcționare corespunzătoare.

La tensiuni foarte înalte, la care nu se fabrică decît tipuri de exterior, se admite montarea în interior a acestora.

3.2. Altitudinea

Separatoarele își păstrează caracteristicile garantate și pot fi instalate fără restricții pînă la altitudinea maximă indicată de întreprinderea constructoare, de regulă 1 000 m.

Pentru altitudini mai mari, dacă nu se poate dispune de indicațiile întreprinderii constructoare, se vor utiliza factorii de corecție din tabelul 1.

◆ *Tabelul 1*

Altitudinea maximă, m	Factor de corecție a tensiunii nominale	Factor de corecție a tensiunii de încercare
1000	1,0	1,0
1400	0,95	1,05
3000	0,80	1,25

3.3. Caracteristicile mediului ambiant

3.3.1. În condițiile din România, pentru mediul în care se amplasează aparatele se va lua în considerare de regulă următorul domeniu de temperaturi :

— valoarea maximă absolută : +40°C ;
— valoarea maximă a mediei de 24 ore : +35°C ;
— valoarea minimă absolută :
  — în exterior — 50°C ;
  — în interior — 20°C.

Pentru cazurile în care valorile reale se pot găsi în afara domeniului pentru care este garantată buna funcționare a aparatului de către întreprinderea constructoare, este necesar avizul acesteia.

3.3.2. Pentru condițiile climatice din România, se poate considera că umiditatea relativă în interior nu depășește în general valoarea de 90%. La nevoie, ea poate fi redusă prin încălzirea aerului. În exterior umiditatea relativă poate atinge 100%. La alegerea separatoarelor și a dispozitivelor de legare la pămînt se va observa ca umiditatea reală să nu o depășească pe cea admisă de întreprinderea constructoare sau de standardul corespunzător. În caz contrar se recomandă consultarea întreprinderii constructoare.

3.3.3. Depunerile de umiditate pe separatoarele și dispozitivele de legare la pămînt de tip interior vor fi evitate. Dacă acest lucru nu se poate realiza, se va recurge la recondiționarea aerului sau se vor alege aparate de tip exterior.

Pentru separatoarele și dispozitivele de legare la pămînt de exterior, STAS 1564 ia în considerare funcționarea aparatajului cu strat de gheață sau chiciură.

Pentru condițiile climatice din țara noastră se recomandă ca separatoarele să poată funcționa în bune condiții și să poată fi manevrate sub un strat de gheață sau chiciură determinat în raport cu condițiile climatice locale, conform normativului PE 101.

În cazul în care separatoarele executate conform prevederilor STAS 1564 urmează a fi folosite în alte condiții decît cele normalizate, este necesar acordul întreprinderii contructoare.

3.3.4. Aparatele de fabricație curentă pot funcționa în general numai într-un mediu ambiant care nu conține praf, fum, gaze corosive sau inflamabile, vapori sau săruri în cantități care constituie un pericol deosebit. În cazul unui mediu ambiant poluat se vor aplica prevederile normativului PE 109.

3.3.5. Pe separatoarele de exterior presiunea vîntului se determină cu relația :

$$P = 0{,}7 \frac{V^2_{max.}}{16} \quad [daN/m^2]$$

în care $V_{max.}$ este viteza maximă a vîntului în m/s. Valoarea se determină în raport cu condițiile climatice locale sau conform prevederilor normativului PE 101 ; valoarea astfel obținută nu va trebui să o depășească pe cea admisă de întreprinderea constructoare.

4. NIVELUL DE IZOLAȚIE

4.1. Tensiunile de încercare vor fi cele prevăzute în STAS 1564.

Pentru altitudini mai mari de 1 000 m se vor stabili condiții speciale, de comun acord cu întreprinderile constructoare. În lipsa acestora se pot folosi indicațiile din tabelul 1.

◆ **4.2.** Lungimea liniei de conturnare pe suprafața izolatoarelor separatoarelor, în funcție de gradul de poluare al atmosferei, nu va fi mai mică decît cea prevăzută în normativul PE 109.

5. FRECVENȚA NOMINALĂ

Frecvența nominală sau domeniul de frecvență pentru care este garantat separatorul sau dispozitivul de legare la pămînt va corespunde frecvenței nominale a rețelei.

6. TENSIUNEA NOMINALĂ

6.1. Tensiunea nominală a separatorului sau a dispozitivului de legare la pămînt se va alege corespunzător cu aceea a rețelei.

În cazuri excepționale, bine justificate, pot fi alese separatoare sau dispozitive de legare la pămînt cu o tensiune nominală mai mare decît cea corespunzătoare rețelei. Astfel de situații pot apărea, de exemplu, în cadrul atmosferelor excesiv poluate la separatoarele de exterior, cînd nu sînt disponibile

separatoare corespunzătoare la tensiunea respectivă sau cînd se prevăd situații de funcționare temporară la un nivel de tensiune mai coborît.

6.2. **Tensiunea maximă de lucru** a separatorului sau a dispozitivului de legare la pămînt va fi cel puțin egală cu tensiunea maximă a rețelei la locul de instalare a aparatului.

7. CURENTUL NOMINAL

7.1. Acest criteriu nu se referă la dispozitivele de legare la pămînt.

7.2. Curentul nominal al separatorului trebuie să îndeplinească condiția :

$$I_{md} \leqslant I_n$$

unde : I_n este curentul nominal al separatorului ;
I_{md} — curentul maxim de durată al circuitului.

În principiu, se va alege valoarea standardizată minimă care satisface condiția de mai sus, ținîndu-se seama și de perspectivele de viitor.

7.3. Dacă circuitul este străbătut de curenți de durată limitată mai mari decît curentul maxim de durată I_{md} (suprasarcini intermitente), se va consulta întreprinderea constructoare.

8. PUTEREA DE RUPERE ŞI CAPACITATEA DE ÎNCHIDERE

8.1. Separatoarele normale pot rupe sau stabili curenți de intensitate neglijabilă. Este necesară totuși garantarea de către întreprinderea constructoare a unei puteri de rupere și a unei capacități de închidere cel puțin în următoarele cazuri :

a) Cînd separatoarele trebuie să stabilească și să întrerupă curenți de mers în gol ai transformatoarelor de putere

în lipsa întreruptoarelor. Se recomandă ca încercările necesare să se facă cu transformatoare similare cu cele existente efectiv în rețea.

b) Cînd separatoarele trebuie să stabilească și să întrerupă curenți de mers în gol ai unor linii aeriene sau cabluri de o anumită lungime.

c) Cînd separatoarele trebuie să stabilească și să întrerupă curentul de magnetizare al transformatoarelor de măsură.

◆ **8.2. Separatoarele de sarcină** sînt destinate pentru închiderea sau deschiderea unor circuite de medie tensiune sub sarcina lor nominală. Astfel de separatoare se pot utiliza pentru :

— conectarea motoarelor de înaltă tensiune ;
— deconectarea bateriilor de condensatoare ;
— conectarea liniilor și cablurilor în gol ;
— conectarea și deconectarea bobinelor de compensare ;
— conectarea și deconectarea alimentărilor radiale.

Separatoarele de sarcină vor fi verificate la :

— curentul de rupere nominal, A ;
— curentul de rupere capacitiv, A ;
— curentul de rupere inductiv, A ;
— puterea de rupere la U_n, kVA ;
— curentul de închidere pe scurtcircuit, kA ;
— curentul-limită termic și dinamic, kA.

◆ **8.3. Separatoarele de scurtcircuitare** sînt destinate pentru stabilirea voită (automată) a unei legături la pămînt în vederea sensibilizării protecțiilor din amonte de locul de montare a separatoarelor în cazul unor defecte în aval care în mod normal nu sînt sesizate de aceste protecții.

Verificarea acestor separatoare se va face ținîndu-se seama de :

— curentul-limită termic de 1s, kA ;
— curentul-limită dinamic și de închidere pe scurtcircuit, $kA_{max.}$;
— timpul de închidere, s.

8.4. Dispozitivele de legare la pămînt în aer pot avea capacitatea de închidere specificată. Se va ține seama de aceasta

în cazurile în care dispozitivul de legare la pămînt poate provoca un scurtcircuit prin operaţia de închidere, în lipsa unui blocaj corespunzător, la separatoarele de scurtcircuitare special construite.

9. STABILITATEA TERMICĂ

9.1. Pentru calculul stabilităţii termice este determinant curentul de scurtcircuit trifazat, bifazat sau monofazat, precum şi punctul de defect, care conduc la solicitarea termică maximă.

9.2. Curentul echivalent I_m al scurtcircuitului se determină conform instrucţiunilor PE 103.

9.3. Curentul de stabilitate termică de 1 s (I_{1t}) al separatorului sau al dispozitivului de legare la pămînt este indicat în prospecte.

Dacă în loc de I_{1t}, în proiect, este indicat curentul de stabilitate termică I'_t pentru o durată de timp t diferită de 1 s, în lipsa altor indicaţii se poate folosi relaţia :

$$I_{1t} = I'_t \sqrt{t}$$

9.4. Separatorul sau dispozitivul de legare la pămînt este stabil termic dacă este îndeplinită condiţia :

$$I_m \leqslant I_{1t}$$

9.5. Dacă un separator este combinat cu un dispozitiv de legare la pămînt într-un singur aparat (separator cu contacte de legare la pămînt), stabilitatea termică a dispozitivului de legare la pămînt trebuie să fie egală cu aceea a separatorului.

10. STABILITATEA ELECTRODINAMICĂ

10.1. Pentru verificarea stabilităţii electrodinamice a separatoarelor sau a dispozitivelor de legare la pămînt din circuitele trifazate, este determinant curentul de scurtcircuit trifazat.

10.2. Curentul de stabilitate electrodinamică I_d al separatorului sau al dispozitivului de legare la pămînt este indicat în prospecte.

10.3. Aparatul este stabil electrodinamic dacă este îndeplinită condiția :

$$i_ș \leqslant I_d,$$

unde $i_ș$ este amplitudinea curentului de scurtcircuit de șoc.

10.4. Dacă un separator este combinat cu un dispozitiv de legare la pămînt într-un singur aparat (separator cu contacte de legare la pămînt), stabilitatea electrodinamică a dispozitivului de legare la pămînt trebuie să fie egală cu cea a separatorului.

11. SISTEMUL DE ACȚIONARE

11.1. Acționarea separatoarelor se face manual sau mecanic (pneumatic, hidraulic sau cu motor electric) astfel :

a) În stațiile de 400 kV separatoarele se comandă de la distanță atît în ceea ce privește acționarea cuțitelor principale, cît și în ceea ce privește cuțitele de legare la pămînt.

b) În stațiile de 220 kV se comandă de la distanță numai acționarea cuțitelor principale ale separatoarelor de comutație. Atît cuțitele principale ale celorlalte separatoare, cît și cuțitele de legare le pămînt se acționează local.

c) La stațiile de 110 kV acționarea separatoarelor de comutație și de legare la pămînt a neutrului transformatoarelor se vor comanda de la distanță, iar restul separatoarelor și toate cuțitele de punere la pămînt se vor acționa local (manual).

d) Separatoarele de sarcină pentru medie tensiune sînt acționate mecanic sau manual.

e) Separatoarele de scurtcircuitare sînt acționare cu dispozitiv cu resort tip MRESc.

f) Acționarea separatoarelor de legare la pămînt a bobinelor de compensare din rețelele cu neutrul izolat se va comanda de la o distanță care exclude pericolul pentru operator (de exemplu de la cutiile de cleme).

11.2. La stațiile de medie tensiune și la cele de 110 kV de mică importanță se recomandă acționarea manuală, indiferent de funcția separatoarelor, cu excepția separatoarelor de legare la pămînt a neutrului transformatoarelor și a celor de la pct. 11.1. f care se vor comanda de la o distanță care exclude pericolul pentru operator.

11.3. Avînd în vedere dificultățile de montare a scurtcircuitoarelor în stațiile de 110—400 kV în cazul executării de lucrări, separatoarele de bare și linie se vor prevedea cu cuțite de legare la pămînt (CLP), după cum urmează :

a) Pentru stațiile de 220 și 400 kV, separatoarele de bare vor fi prevăzute cu 1 CLP orientat spre întreruptor, iar separatoarele de linie cu 2 CLP orientate spre linie și spre întreruptor.

b) Pentru stațiile de 110 kV separatoarele de bară vor fi prevăzute cu 1 CLP orientat spre întreruptor, iar separatoarele de linie cu 1 CLP orientat spre linie.

11.4. Dispozitivele de acționare mecanică trebuie să permită întotdeauna și acționarea manuală în caz de necesitate.

11.5. În stațiile de 400 și 220 kV separatoarele sînt în montaj monopolar, acționarea acestora făcîndu-se cu dispozitive individuale pentru fiecare pol. În stațiile de 110 kV, montajul separatoarelor este de regulă tripolar, acționarea fiind tripolară pentru cuțitele principale și tripolară sau monopolară pentru cuțitele de punere la pămînt. Montajul tripolar este realizat cu polii separatorului în linie sau alăturați. Acționarea cuțitelor principale și de punere la pămînt în aceste montaje se face conform fig. 1 :

unde :

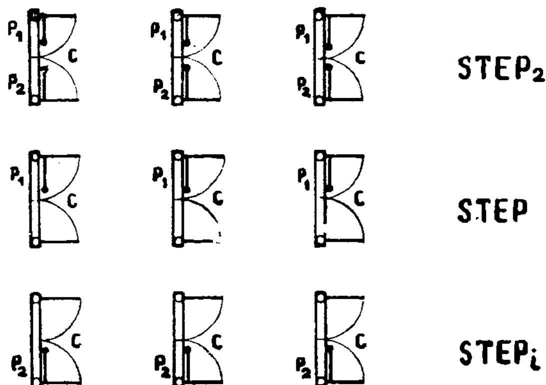
C este cuțitul principal-acționare trifazică prin dispozitiv cu motor, prin dispozitiv pneumatic și prin dispozitiv manual ;

P_1 — cuțit de legare la pămînt — acționare trifazică prin dispozitiv cu motor, prin dispozitiv pneumatic și prin dispozitiv manual ;

P_2 — cuțit de legare la pămînt — acționare monofazică prin dispozitiv manual.

11.6. În cazul acționării cu aer comprimat, presiunea nominală trebuie coordonată, în principiu, cu cea a aerului comprimat necesar pentru acționarea altor aparate sau pentru alte

a. Montajul alăturat



b. Montajul în linie

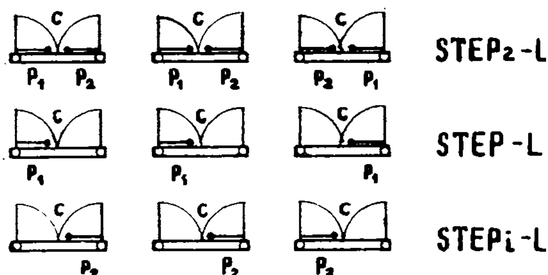


Fig. 1. Acționarea separatoarelor de 110 kV.

scopuri. Se va căuta să se reducă la minimum numărul de presiuni nominale diferite existente într-o centrală sau stație electrică.

11.7. Limitele de variație admisibile ale presiunii de alimentare sînt de 85—110% din presiunea nominală.

11.8. În cazul acționării prin servomotor, se va folosi de preferință tensiunea de 220 sau 380 V.

Dispozitivele de acționare trebuie să-și păstreze caracteristicile garantate la tensiuni de alimentare cuprinse între 80 și 110% din valoarea nominală și la frecvențe cuprinse între 90 și 105% din valoarea nominală.

11.9. Dispozitivele de acționare de orice tip trebuie să permită blocarea operativă a separatoarelor și a dispozitivelor de legare la pămînt, atît în poziția deschis, cît și în poziția închis. Aceasta nu se referă la separatoarele acționate manual cu ștangă izolantă.

Sistemul de blocare trebuie să permită acționarea separatoarelor și a dispozitivelor de legare la pămînt numai în anumite condiții, depinzînd de situația celorlalte aparate de comutare din interiorul celulei, precum și de alte condiții exterioare celulei.

La separatoarele cu contacte de legare la pămînt, blocajul între contactele principale și cele de legare la pămînt poate fi mecanic, realizat în cadrul separatorului și nu al dispozitivului de acționare. În acest caz, nu mai este necesar un alt blocaj la dispozitivul de acționare.

Separatoarele și dispozitivele de legare la pămînt trebuie să fie prevăzute cu contacte auxiliare, necesare pentru diverse scopuri (semnalizarea poziției, comandă, blocaj, măsură etc.).

Numărul și tipul acestor contacte, inclusiv al celor de rezervă, se stabilește de la caz la caz, în funcție de necesitățile circuitelor secundare.

11.10. Semnalizarea poziției închis trebuie să se producă numai după ce contactele de înaltă tensiune au atins o poziție care permite circulația în deplină siguranță a curentului nominal și a celui de stabilitate termică.

Semnalizarea poziției deschis trebuie să se facă numai după ce contactele de înaltă tensiune s-au deschis suficient (astfel încît distanța de izolare în aer să fie de cel puțin 80% din cea normală).

Dacă dispozitivul de semnalizare este unic pentru toți polii, semnalul de poziție trebuie să se dea numai dacă la toți polii sînt îndeplinite condițiile de mai sus.

Semnalizarea trebuie să se facă local pe cale mecanică și la distanță pe cale electrică.

12. CONDIŢII DE MONTAJ ŞI EXPLOATARE

12.1. Separatoarele şi dispozitivele de legare la pămînt pot fi montate numai în poziţiile admise de întreprinderea constructoare. Ele vor fi astfel dispuse, încît închiderea sau deschiderea lor să nu se poată produce accidental (sub acţiunea greutăţii proprii, a presiunii vîntului, a vibraţiilor, a efectelor electrodinamice de buclă etc.).

În cazul montării în poziţie orizontală a izolatoarelor separatoarelor, efortul admis de tracţiune la borne scade, valorile acestuia fiind indicate de fabrica constructoare.

12.2. Se va avea în vedere ca eforturile admise la borne să nu fie depăşite la montajul separatoarelor.

12.3. Sistemul de legătură între bare şi separator trebuie să fie elastic şi să permită preluarea anumitor deplasări libere ale racordului în lungul axei barei de legătură, fără a se crea eforturi care să depăşească valorile indicate (admise).

12.4. După montarea separatoarelor este necesară reglarea limitatoarelor de cursă şi a presiunii pe contacte, verificîndu-se totodată şi dacă contactul se face pe toată suprafaţa de contact a cuţitelor.

12.5. La separatoarele acţionate pneumatic se va regla cu atenţie debitul de aer, pentru a nu se produce şocuri puternice la acţionare, care ar putea provoca deteriorarea separatorului.

12.6. Se va acorda o deosebită atenţie montajului coloanelor de izolatoare la separatoarele de 220 şi 400 kV, ţinîndu-se seama de gabaritul mare al acestora. După montare, acestea vor trebui să se rotească uşor, pentru a nu periclita buna funcţionare a separatorului şi pentru a nu se distruge izolatoarele în timpul manevrelor.

12.7. Dispozitivele de acţionare vor fi verificate după montare şi probate cu întregul ansamblu separator, conform instrucţiunilor de montaj şi exploatare.

12.8. Dispozitivele de acţionare vor fi asigurate împotriva deschiderilor nedorite prin lacăt sau alte dispozitive de blocaj.

12.9. Întreținerea separatoarelor se va face conform indicațiilor fabricii constructoare.

12.10. Manevrarea cuțitelor de punere la pămînt se va face numai după ce separatorul este complet scos de sub tensiune.

12.11. În timpul exploatării se va face examinarea exterioară (de la distanță) a tuturor separatoarelor de către persoane calificate care vor controla :

— lipsa unor defecte la izolatoare (spărturi sau fisuri) care se vor determina și după zgomotul caracteristic efluviilor ;

— lipsa încălzirilor excesive ale căilor de curent, care se recunosc după închiderea culorii materialului acestora, sau, noaptea, prin înroșiri locale, perceptibile vizual.

Anexă

Exemplu de calcul

Datele necesare pentru proiectare

1. Destinația circuitului primar : linie aeriană.

Schema electrică : stația cuprinde două sisteme de bare colectoare, fără bare de transfer, precum și un număr de opt celule. În exemplul de față se alege separatorul de linie. Se consideră că sînt necesare contacte de legare la pămînt spre linie.

2. Numărul de faze ale circuitului primar : 3.

Nu se prevede funcționarea circuitului în două faze.

3. Tensiunea nominală a circuitului primar : 220 kV.

Tensiunea maximă de funcționare este de 245 kV (conform STAS 6489-67).

4. Frecvența nominală a rețelei : 50 Hz.

5. Tratarea neutrului rețelei : neutrul este legat direct la pămînt.

6. Curentul nominal al circuitului primar : 800 A.

7. Curentul maxim de durată al circuitului primar : 1 200 A.

8. Regimul suprasarcinilor de durată limitată : nu se prevăd astfel de suprasarcini.

9. Timpul de declanșare total al protecției de bază : 0,2 s.

Timpul de declanșare total al protecției de rezervă : 1,2 s.

Se prevede reanclanșarea automată trifazată, cu ciclul :

D—t—ID—T—ID

Protecția de bază are o zonă moartă. Cînd acționează protecția de rezervă, nu intervine reanclanșarea automată.

10. Datele de scurtcircuit cele mai defavorabile :

a) Pentru determinarea stabilității termice și electrodinamice :

Punctul de defect cel mai defavorabil este pe linie, în imediata apropiere a stației.

Din punct de vedere termic, în cazul de față se consideră că scurtcircuitul trifazat este determinant.

Valorile-plafon, care țin seama și de perspectivele de viitor :

$$P''_{k_3}=12\,000 \text{ MVA} ; \; I''_{k_3}=\frac{12\,000}{\sqrt{3}\times 220}=31{,}5 \text{ kA}$$

$$P_{k_3}= 9\,500 \text{ MVA} ; \; I_{k_3}=\frac{9\,500}{\sqrt{3}\times 220}=24{,}9 \text{ kA}$$

$$R/X=0{,}1$$

b) Pentru determinarea capacității de conectare : nu este cazul.

11. Date necesare în cazul unor condiții de funcționare și de verificare speciale : nu este cazul. Conectarea și deconectarea liniei în gol se vor face cu ajutorul întreruptorului.

12. Detalii constructive sau de altă natură obligatorii : tipul constructiv al stației necesită separatoare de linie de tip rotativ. Montarea se va face în poziția normală (polii în poziția verticală).

Efortul la borne în caz de scurtcircuit : 2×60 kg (conductoare jumelate).

13. Date referitoare la dispozitivul de acționare :

a) Tensiunea nominală a sursei auxiliare de curent continuu : 220 V.

Limitele admise pentru declanșatoarele de închidere și de deschidere : 80—110%.

b) Tensiunea nominală a sursei auxiliare de curent alternativ : 220/380 V.

Limitele admise pentru motoarele de acționare (dacă există) :

— tensiune : 80—110% ;

— frecvență : 90—105%.

c) Blocajele operative necesare :

— între cuțitele principale și cele de legare la pămînt ;

— între cuțitele principale și întreruptorul celulei separatorului de legare la celălalt sistem de bare și celula de cuplă.

14. Zona geografică, altitudinea și condițiile climatice :

a) Zona geografică : regiunea subcarpatică.

b) Montarea : în exterior.

c) Altitudinea : 500 m.

d) Temperatura ambiantă :

— valoarea maximă absolută +38°C ;
— valoarea maximă a mediei de 24 de ore +31°C ;
— valoarea minimă absolută (în exterior) —28°C.

e) Umiditatea relativă a aerului : 100%.

f) Impurificările atmosferice : se menţin în limite normale (zona a II-a de poluare).

g) Viteza maximă a vîntului : 30 m/s.

Condiţiile de utilizare

Altitudine

Întrucît altitudinea nu depăşeşte 1 000 m, poate fi folosit orice separator de fabricaţie curentă.

Tipul : interior sau exterior.

Întrucît staţia este exterioară, se va alege un separator de tip exterior.

Caracteristicile mediului ambiant (conform pct. 4.2.3.)

Valorile temperaturii ambiante indică necesitatea unui separator de clasa 2 (în sensul recomandărilor CEI), care corespunde şi cu STAS 1564-70.

Umiditatea relativă indicată (100%) corespunde în general tuturor aparatelor de exterior.

Greutatea stratului de gheaţă sau de chiciură nu va depăşi 1,9 g/cm².

Impurificările atmosferice normale nu ridică problema alegerii unui separator special.

Presiunea vîntului pe aparate este :

$$P = 0{,}7\ \frac{v^2_{max.}}{16} = 0{,}7\ \frac{40^2}{16} = 70\ \text{daN/m}^2,$$

valoare care nu depăşeşte limita normală admisă de recomandările CEI.

Mediul izolant

Întrucît nu se impun condiţii speciale, se va alege un separator de tip obişnuit în aer, cu distanţa de izolare vizibilă.

Numărul de poli

Pentru un circuit trifazat cu tensiunea nominală de 220 kV, separatorul este format din trei unităţi monopolare.

Frecvenţa nominală

Separatorul va avea frecvenţa nominală de 50 Hz egală cu cea a reţelei.

Tensiunea nominală

1. Conform recomandărilor CEI, tensiunea nominală a separatorului trebuie să fie cel puţin egală cu tensiunea cea mai ridicată a reţelei : 245 kV.

2. Conform STAS 1564-70 separatorul este definit prin două valori :

— tensiunea nominală, cel puţin egală cu cea a reţelei : 220 kV ;

— tensiunea de serviciu, cel puţin egală cu cea maximă a reţelei : 245 kV.

Nivelul de izolaţie

1. Tensiunea nominală (conform recomandărilor CEI) 245 kV sau tensiunea nominală şi tensiunea de serviciu (conform STAS 1564-70) : 220—245 kV.

Aceste valori au fost stabilite la punctul precedent.

2. Tensiunea de încercare cu unde de impuls (conform STAS 1564-70) :

— între părţile sub tensiune şi pămînt	900 kV ;
— între poli	900 kV ;
— asupra distanţei de izolare	1 035 kV.

3. Tensiunea de încercare la frecvenţă industrială sub ploaie artificială (conform STAS 1564-70) :

— între părţile sub tensiune şi pămînt	395 kV ;
— între poli	395 kV ;
— asupra distanţei de izolare	535 kV.

◆ 4. Lungimea liniei de conturare pe suprafaţa izolatoarelor (pentru reţea cu neutrul legat direct la pămînt pentru o zonă cu grad de poluare II) : 2,0 cm/kV.

5. Separatorul va fi de tip exterior.

Curentul maxim de durată $I_{md} = 1\ 200$ A.

Nu se prevăd suprasarcini de durată limitată.

Curentul nominal al separatorului :

$$I_n \geqslant I_{md} = 1\ 200 \text{ A.}$$

Capacitatea de deconectare şi de conectare.

În cazul de faţă nu se impune o capacitate de deconectare sau de conectare specificată.

Întrucît staţia cuprinde numai opt celule, curenţii capacitivi care iau naştere şi cei consumaţi de transformatoarele de tensiune pot fi consideraţi neglijabili.

Stabilitatea termică

1. În cazul funcționării protecției de bază, ciclul de funcționare al întreruptorului (D—t—ID—T—ID) cuprinde trei declanșări. La fiecare dintre acestea, timpul de declanșare total al protecției este de 0,2 s.

— Factorul de șoc (ținînd seama de R/X=0,1) :

$$\chi=1{,}75$$

— Raportul I_k''/I_k :

$$\frac{I_{k_3}''}{I_{k_3}}=\frac{31{,}5}{24{,}9}=1{,}26$$

— Coeficientul m :

$$m=0{,}25$$

— Coeficientul n :

$$n=0{,}96$$

— Curentul echivalent termic :

$$I_{m1}=I_{m2}=I_{m3}=I_{k_3}''\sqrt{(m+n)t}=31\,500\sqrt{(0{,}25+0{,}96)}\times\sqrt{0{,}2}=$$

$$=15\,600\ \text{A}$$

— Curentul mediu echivalent total :

$$I_{mt}=\sqrt{I_{m1}^2+I_{m2}^2+I_{m3}^2}=\sqrt{15\,600^2+15\,600^2+15\,600^2}=27\,000\ \text{A}$$

2. În cazul funcționării protecției de rezervă, se produce o singură declanșare definitivă, timpul de declanșare total fiind de 1,2 s.

— Factorul de șoc are valoarea determinată la pct. 1 :

$$\varkappa=1{,}75$$

— Coeficientul m :

$$m=0$$

— Raportul I_k''/I_k are valoarea determinată la pct. 1 precedent :

$$\frac{I_{k_3}''}{I_{k_3}}=1{,}26$$

— Coeficientul n :

$$n=0{,}90$$

— Curentul echivalent termic :

$$I_m = I''_{k_3}\sqrt{(m+n)t} = 31\,500\sqrt{(0+0,90)\times 1,2} = 36\,800 \text{ A}$$

Se constată că este determinant curentul echivalent termic în cazul funcționării protecției de rezervă.

3. Curentul de stabilitate termică de 1 s al separatorului (atît pentru contactele principale, cît și pentru cele de legare la pămînt) trebuie să îndeplinească condiția :

$$I_{lt} \leqslant I_m = 36\,800 \text{ A}.$$

Stabilitatea electrodinamică

Pentru calculul stabilității electrodinamice este determinant curentul de scurtcircuit trifazat.

— Factorul de șoc a fost determinat anterior :

$$\varkappa = 1,75$$

— Curentul de stabilitate electrodinamică al separatorului (atît pentru contactele principale, cît și pentru cele de legare la pămînt) trebuie să îndeplinească condiția :

$$I_d \geqslant \varkappa\sqrt{2}\, I''_{k_3} = 1,75\sqrt{2}\times 31,5 = 77,8 \text{ kA}.$$

Detaliile constructive

Conform indicațiilor date în temă, se va alege un separator rotativ cu două coloane, cu cuțit de legare la pămînt pe o parte.

Nu se consideră necesară tratarea altor probleme în cadrul exemplului de calcul.

Sistemul de acționare

1. Întrucît în stație s-au prevăzut întreruptoare pneumatice și există o instalație de producere a aerului comprimat, se aleg separatoare acționate cu aer comprimat (atît contactele principale, cît și cele de legare la pămînt, dar ultimele comandate numai local).

Trebuie să fie posibilă acționarea manuală în caz de necesitate.

2. Presiunea nominală a aerului comprimat va fi indicată de întreprinderea constructoare.

Limitele de variație admisibile : 85—110%.

3. Declanșatoarele de închidere și deschidere (electrovalvele) vor fi acționate în curent continuu la 220 V, tensiune necesară din cauza întinderii mari a stației.

Limitele de variație admisibile : 80—110%.

4. Durata executării unei manevre nu va depăși 3—4 s.

5. Blocajele operative necesare au fost indicate în temă. Ele vor fi realizate în cadrul blocului de comandă pneumatic al celulei.

6. Contactele de semnalizare necesare au fost indicate în temă.

7. Semnalizarea poziţiei trebuie să se producă numai după ce contactele de înaltă tensiune au atins o poziţie care permite suportarea în deplină siguranţă a curentului nominal.

8. Încercarea izolaţiei circuitelor secundare ale dispozitivului de acţionare se va face cu tensiune de frecvenţă industrială, avînd valoarea eficace 1 500 V, timp de 1 min.

9. Contactele auxiliare vor putea suporta permanent un curent de 10 A. În cadrul circuitelor secundare, aceste contacte nu vor trebui să deconecteze curenţi mai mari de 2 A la 220 ÷ 10% V în circuit inductiv.

Condiţiile de întreţinere şi de exploatare

Separatorul trebuie să poată efectua sub tensiune cel puţin 1 000 cicluri de manevră (închidere + deschidere), fără revizie sau reparaţie. Condiţiile de întreţinere şi exploatare sînt indicate de furnizor în instrucţiunile de montaj şi exploatare ale separatorului.

Nivelul perturbaţiilor radiofonice

Nu se poate prescrie în prezent o valoare pentru nivelul acestor perturbaţii. Se vor cere indicaţii întreprinderii constructoare, urmărindu-se ca acest nivel să fie cît mai redus.

Separatoare

(Breviar)

Destinația separatorului	Stația (Centrala)	Stația de 220/110 kV, Gura Ialomiței			
	Gradul de poluare al zonei	II			
	Circuitul	Celula linie 220 kV, Buc.-Sud			
	Separatorul	Linie (cu 2 cuțite p.p.)			
	Tipul și furnizorul	$STEP_2$ — 220 kV — CIMAE			
Principiul constructiv sau montajul		Rotativ		În aer	
Numărul de poli		3		Monopolar	
Tipul		Exterior			
Greutatea kg	Pe pol	1500			
	Totală	4500			

Caracteristici		U.M.	Valori		Observații
			Necesare	Garantate	
Frecvența		Hz	50	50	
Tensiunea maximă de serviciu		kV	245	245	Conform CEI
Nivelul de izolație	Tensiunea de ținere la unda de șoc (1,2/50 μs)	$kV_{max.}$	1050	1050	Între poli și pămînt și între poli
		$kV_{max.}$	1210	1210	Distanță izolare
	Tensiunea de ținere la frecvență industrială (50 Hz)	$kV_{ef.}$	460	460	Sub ploaie
		$kV_{ef.}$	620	620	Sub ploaie
	Linia de fugă specifică	cm/kV	2,0	2,1	

Curentul	Nominal în serviciu continuu		A	800	1600	
	Prezumat al circuitului în regim de suprasarcină		A	1200	1600	
Capacitatea de închidere			kA	—	—	
Capacitatea de rupere	Transformator în gol		A	—	—	
	LEA în gol		A	—	—	
	LEC în gol		A	—	—	
	Baterii condensatoare		A	—	—	
Curentul-limită termic (mediu echivalent de 1 s)			kA	27 (36,8)	63	
Curentul-limită dinamic			kA	77,8	80	
Efort la borne	Longitudinal		kg	100	150	
	Transversal		kg	—	—	
	Altitudinea		m	500	1000	
Condiții de utilizare	Temperatura	Maximă absolută	°C	+38	+40	
		Maximă medie în 24 ore	°C	+31	+35	
		Minimă absolută	°C	—28	—50	
	Umiditatea relativă		%	100	100	
	Strat de gheață		g/cm^2	1,9	2	
	Vîntul	Viteza	m/s	30	—	
		Presiunea	kgf/m^2	70	72	
Dispozitive de acționare	Motor electric	Tensiunea	V	—	—	Curent alternativ
		Limite tensiune	%	—	—	
		Putere	kW	—	—	

Continuare breviar separatoare

	Declanşatoare	Tensiunea		V	220	220	Curent continuu
		Limite tensiune		%	80—110	80—110	
		Putere		kW	—	0,1	
	Cu resort	Motor	Tensiunea	V	—	—	
			Limite tensiune	%	—	—	
			Putere	kW	—	—	
		Manual		Tip	—	—	
	Manual			Tip	—	—	
	Cu aer comprimat	Presiune		at	—	—	
		Consum	I	l	—	—	La 1 ata, tripolar
			D	l	—	—	La 1 ata, tripolar

NOTĂ: Denumirea mărimilor caracteristice este conform STAS 5081-73.

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucţiuni pentru proiectarea staţiilor de conexiuni şi transformare Conductoare neizolate flexibile	PE 111-6/75 Grupa 1 Electro-energetică

CUPRINS

Aprobat prin ordinul M.E.E. nr. 579/2.08.75	Înlocuieşte :	Data intrării în vigoare : 1 dec. 1975

1. DOMENIUL DE APLICARE

Prezentele instrucţiuni se aplică la dimensionarea sau la verificarea conductoarelor neizolate flexibile din staţiile de conexiuni şi transformare, inclusiv din staţiile aferente centralelor electrice.

2. PRESCRIPŢII TEHNICE EXISTENTE

2.1. Standarde

STAS 3000-69 Linii aeriene de energie electrică. Conductoare de oţel-aluminiu neizolate.

STAS 3734-71 Linii aeriene de energie electrică. Conductoare de oţel zincate.

STAS 6489-67 Reţele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolaţiei. Niveluri de izolaţie şi de protecţie.

◆ 2.2. Prescripţii, normative

PE 101/77 — Normativ pentru construcţia instalaţiilor electrice de conexiuni şi transformare cu tensiuni peste 1 kV.

PE 104/79 — Normativ pentru construcţia liniilor aeriene de energie electrică peste 1 000 V.

I 7—78 — Normativ pentru proiectarea şi executarea instalaţiilor electrice interioare cu tensiuni pînă la 1 000 V.

PE 109/74 — Normativ privind alegerea izolaţiei, coordonarea izolaţiei şi protecţia instalaţiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.

3. MATERIALUL CONDUCTOARELOR

◆ **3.1.** Pentru conductoarele active se foloseşte de regulă funie din oţel-aluminiu, aluminiu sau din aliaje de aluminiu.

3.2. Pentru conductoarele de protecţie se foloseşte de regulă funie de oţel.

3.3. Firele conductoarelor de oţel vor fi protejate împotriva coroziunii prin zincare la cald sau prin alt procedeu corespunzător.

◆ **3.4.** În zonele în care atmosfera prezintă o acţiune corosivă, de exemplu în apropierea industriilor chimice, metalurgice, siderurgice, miniere, textile, de construcţii, pe malul mării etc. se vor folosi materiale care nu sînt atacate de agenţii respectivi.

Această măsură nu este în general necesară, dacă între instalaţia energetică şi sursa de contaminare a atmosferei este respectată distanţa minimă de protecţie indicată în Normativul PE 109.

De asemenea, măsura nu este necesară în instalaţiile de interior dacă gradul de poluare a atmosferei în interior nu este dăunător.

În privinţa regiunilor de pe malul mării sau din apropierea lacurilor saline, în lipsa unor date experimentale care să precizeze zona poluată, se va considera ca zonă dăunătoare o zonă de 5 km lăţime pe malul mării sau al lacurilor saline.

Încadrarea zonelor de poluare se va face în conformitate cu normativul PE 109.

4. CURENTUL MAXIM DE DURATĂ

4.1. Temperatura maximă de regim a conductoarelor nu trebuie să depăşească de regulă +70°C.

Temperaturi mai mari de +70°C pot fi admise în cazuri excepţionale, bine justificate, adoptîndu-se măsuri speciale de protejare a contactelor.

4.2. Temperatura maximă a aerului în exterior se determină pe baza datelor climatice statistice ale regiunii de amplasare. Se ia în considerare temperatura maximă absolută care apare cel puţin o dată la 10 ani pentru instalaţiile cu tensiunea nominală pînă la 110 kV inclusiv şi cel puţin o dată la 15 ani pentru instalaţiile cu tensiunea nominală mai mare de 110 kV.

Dacă pentru instalaţiile din România nu se cunosc datele climatice statistice ale regiunii de amplasare, se pot adopta următoarele date-limită :

— altitudini pînă la 700 m : +40°C ;
— altitudini peste 700 m : +30°C.

Temperatura maximă a aerului în interior se determină de la caz la caz.

◆ **4.3.** Curenţii de durată admisibili în instalaţii exterioare la temperatura conductorului de +70°C şi la temperaturi maxime ale aerului de +30°C, sînt indicaţi în tabelul 1. Valorile indicate sînt valabile pînă la altitudinea de 1 000 m.

◆ *Tabelul 1*

Conductoare de oţel-aluminiu de construcţie normală 1/6 (STAS 3000-69)

Sarcini de durată admisibile la temperatura maximă a conductorului de +70°C

Secţiunea nominală, mm^2	Curentul de durată admisibil la diverse temperaturi ale aerului, A	
	+30°C	+40°C
50/8	205	175
70/12	260	225
95/15	315	270
120/21	360	310
150/25	420	360
185/32	485	420
240/40	575	495
300/50	665	575
450/75	870	750
680/85	1100	950

NOTĂ: Sarcinile admisibile indicate mai sus sînt valabile în exterior. Pentru interior ele trebuie multiplicate cu coeficientul 0,85.

Dacă se cunoaşte curentul de durată admisibil I_d' la temperatura θ_c' a conductorului şi la temperatura θ_a' a aerului înconjurător, se poate deduce curentul admisibil I_d la temperatura θ_c a conductorului și la temperatura θ_a a aerului prin relația :

$$I_d = I_d' \sqrt{\frac{\theta_c - \theta_a}{\theta_c' - \theta_a'}}$$

Pentru altitudini mai mari decît 1 000 m, valorile din tabele trebuie multiplicate cu coeficientul de corecție :

$$\frac{10\,000}{9\,000+H},$$

unde H este altitudinea (m).

◆ **4.4.** Curenţii de durată admisibili în instalaţiile interioare rezultă din cei admisibili în instalaţiile exterioare, prin multiplicare cu coeficientul 0,85.

În cazurile în care condiţiile de răcire sînt deosebit de defavorabile, se vor aplica coeficienţi de corecţie mai mici, determinați de la caz la caz.

4.5. Secţiunea conductorului trebuie astfel aleasă, încît să fie îndeplinită condiţia :

$$I_{md} \leqslant I_d$$

unde :

I_{md} este curentul maxim de durată al circuitului ;

I_d — curentul de durată admisibil al conductorului la temperatura maximă a aerului înconjurător.

În cazurile în care curentul maxim de durată al circuitului nu coincide în timp cu temperatura maximă a aerului înconjurător, se poate ține seama de acest fapt, alegîndu-se o secțiune mai mică decît ar rezulta pe baza condiției de mai sus.

4.6. În cazul conductoarelor fasciculare, se presupune o repartiție egală a curentului între conductoarele fasciculului.

5. STABILITATEA TERMICĂ

5.1. Pentru calculul stabilităţii termice este determinant curentul de scurtcircuit trifazat, bifazat sau monofazat, precum şi punctul de defect, care conduc la solicitatea termică maximă.

◆ **5.2.** Curentul mediu echivalent I_m al scurtcircuitului se determină conform instrucţiunilor PE 103.

5.3. În cazul conductoarelor fasciculare se presupune o repartiţie egală a curentului de scurtcircuit între conductoarele fasciculului.

5.4. Temperatura maximă admisibilă θ_{sc} a conductorului la sfîrşitul scurtcircuitului este următoarea:

a) Conductoarele funie supuse unei tensiuni < 1 kgf/mm²:

Al	180°C;
Cu	200°C;
OL	200°C.

b) Conductoare funie supuse unei tensiuni ≥ 1 kgf/mm²:

OL-Al	160°C;
Aldrey	160°C;
Al	130°C;
Cu	170°C;
OL	200°C.

5.5. Temperatura iniţială θ_c a conductorului (la începutul scurtcircuitului) se poate considera în general de +70°C.

O determinare mai exactă se poate face cu relaţia:

$$\theta_c = \theta_a + (70 - \theta_a) \frac{I^2}{I_d^2} \quad (°C)$$

unde:

θ_a este temperatura aerului, °C;

I — curentul de durată real, înaintea scurtcircuitului, A;

I_d — curentul de durată admisibil (A) la temperatura θ_a a aerului, °C.

◆ **5.6.** Densitatea de curent j_t admisibilă la scurtcircuit se determină conform instrucțiunilor din normativul PE 103 în funcție de materialul conductorului, de temperatura sa inițială θ_c și de temperatura maximă admisibilă θ_{sc} la sfîrșitul scurtcircuitului.

La conductoarele de oțel-aluminiu, valoarea j_t se referă la partea de aluminiu.

5.7. Conductorul este stabil termic, dacă este îndeplinită condiția :

$$s \geqslant \frac{I_m}{j_t}$$

unde :

s este secțiunea conductorului, mm² ;
I_m — curentul echivalent al scurtcircuitului, A ;
j_t — densitatea de curent admisibilă la scurtcircuit, A/mm².

La conductoarele de oțel-aluminiu, secțiunea s se referă la partea de aluminiu.

5.8. Nu se dimensionează la stabilitate termică în caz de scurtcircuit conductoarele de racord la transformatoare de tensiune, condensatoare de cuplare și descărcătoare.

Pentru conductoarele de racord la descărcătoare, se vor respecta indicațiile cuprinse în instrucțiunile de proiectare corespunzătoare.

6. EFECTUL CORONA

6.1. Acest criteriu se ia în considerare în cazul tensiunilor nominale de 60 kV sau mai mari.

6.2. Conductoarele trebuie astfel dimensionate, încît valoarea cîmpului electric la suprafața lor, cînd tensiunea de funcționare a rețelei are valoarea maximă de durată U_m, să îndeplinească condiția :

$$E_m \leqslant E_{cor}$$

unde :

$$E_{cor} = 19,3 \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r}}\right) \cdot m \text{ (kV/cm, valoare eficace) ;}$$

E_m — cîmpul electric maxim la suprafața conductorului (kV/cm, valoare eficace) ;

r — raza conductorului, cm ;

m $\cong$ 0,82 (un coeficient referitor la suprafața conductorului).

Valoarea E_{cor} indicată mai sus este valabilă pînă la altitudinea de 1 000 m.

6.3. Valoarea cîmpului electric maxim E_m la suprafața conductoarelor poate fi determinată exact prin metoda lui Maxwell, ţinînd seama de imaginile electrice ale conductoarelor în raport cu suprafața solului.

Pentru sistemele trifazate se poate folosi de asemenea relația aproximativă de mai jos, în care se neglijează influența pămîntului și a celorlalte conductoare din apropiere (în afară de conductoarele celor trei faze) :

a. În cazul unui singur conductor pe fază :

$$E_m = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2,3\ r\ \log_{10} \frac{a}{r}} \text{ (kV/cm, valoare eficace)}$$

unde :

U_m este tensiunea maximă de funcționare a rețelei între faze, kV ;

r — raza conductorului (cm) ;

$a = \sqrt[3]{a_{12} \cdot a_{13} \cdot a_{23}}$ (media geometrică a distanțelor între axele conductoarelor, în cm) ;

a_{12} — distanța între axele conductoarelor 1 și 2 etc., cm.

b. În cazul conductoarelor fasciculare:

$$E_m = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2{,}3\ n\ \log_{10}\frac{a}{R'}} \cdot \left[\frac{1}{r} + \frac{(n-1)\sin\frac{\pi}{n}}{a'}\right]$$ (kV/cm, valoare eficace)

unde :

U_m este tensiunea maximă de funcționare a rețelei, între faze, kV ;

r — raza conductoarelor, cm ;

$a = \sqrt[3]{a_{12} \cdot a_{13} \cdot a_{23}}$ (media geometrică a distanțelor între axele fasciculelor, cm)

a_{12} = distanța între axele fasciculelor 1 și 2 etc., cm ;

n — numărul de conductoare ale unui fascicul ;

a′ — distanța dintre două conductoare alăturate (fig. 1) ale unui fascicul, cm ;

$R' = R\sqrt{\frac{nr}{R}}$ (raza echivalentă a unui fascicul de conductoare, cm)

R — raza reală (fig. 1) a unui fascicul de conductoare, cm.

Influența pămîntului nu se poate neglija în cazurile în care calculele, neținînd seama de această influență, conduc la valori de cîmp foarte apropiate de E_{cor}.

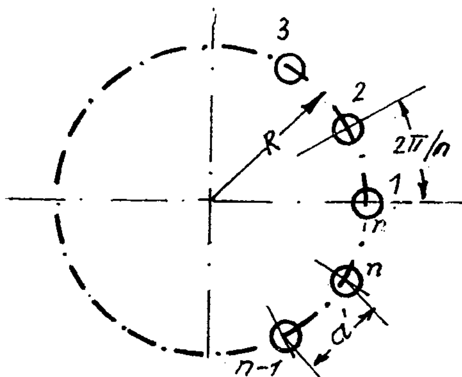


Fig. 1. Dispoziția unui fascicul de conductoare.

7. CALCULUL MECANIC

7.1. La efectuarea calculului mecanic al conductoarelor flexibile, se iau în considerare următoarele sarcini :

— greutatea proprie a conductorului, a izolatoarelor, armăturilor, clemelor, legăturilor la aparate, pieselor de distanță (în cazul conductoarelor fasciculare) etc. ;

— greutatea depunerilor de chiciură (inclusiv zăpadă, polei etc.) pe elementele de mai sus ;

— sarcina dată de vînt pe elementele de mai sus ;

— forțele electrodinamice la scurtcircuit.

7.1.1. Greutatea proprie g a conductorului se consideră ca o sarcină distribuită uniform.

Greutatea lanțurilor de izolatoare, inclusiv a armăturilor și a clemelor aferente, poate fi considerată ca o sarcină distribuită uniform.

Greutățile legăturilor la aparate și a clemelor de derivație se consideră ca sarcini concentrate.

7.1.2. Greutatea g_c' a depunerilor de chiciură, în măsura în care nu este cunoscută ca dată statistică, se determină cu relațiile :

a. Pe conductoarele orizontale :

$$g_c' = \left[\frac{\pi(d+2d')^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}\right] \cdot \frac{\gamma_c}{10} = \pi d'(d+d') \cdot \gamma_c 10^{-1} \quad \text{(daN/m)}$$

unde :

d este diametrul conductorului, cm ;

d' — grosimea stratului de chiciură, cm ;

γ_c = 0,75 daN/dm³ (greutatea specifică a chiciurii).

Pe conductoarele verticale, greutatea depunerilor de chiciură se va considera egală cu 50% din cea determinată cu relația de mai sus pentru conductoarele orizontale cu același diametru.

b. Pe lanțurile de izolatoare formate din elemente cu capă și tijă :

$$g_c' = 1{,}5\left[\frac{\pi(D+2d')^2}{4}-\frac{\pi D^2}{4}\right]\cdot\frac{\gamma_c}{10} = 1{,}5\,\pi d'(D+d')\gamma_c 10^{-1} \quad \text{(daN/m)}$$

unde :

D este diametrul umbrelei izolatorului, cm.

Coeficientul 1,5 ține seama de forma neregulată a suprafeței izolatorului.

c. În cazul izolatoarelor de tip tijă se folosește relația indicată pentru conductoarele orizontale, în care d este diametrul izolatorului.

d. Pe alte elemente (cleme, armături etc.) se calculează greutatea corespunzătoare a stratului de chiciură.

7.1.3. Sarcina orizontală dată de vînt se determină cu relațiile aproximative :

a. Pentru conductoare :

— Fără chiciură :

$$p = k\cdot\frac{d}{100}\cdot\frac{v^2}{16} \quad \text{(daN/m)}$$

— Cu chiciură :

$$p_c = k\cdot\frac{d+2\,d'}{100}\cdot\frac{v^2}{16} \quad \text{(daN/m)}$$

unde :

d este diametrul conductorului, cm ;

d′ — grosimea stratului de chiciură, cm ;

v — viteza vîntului, m/s ;

k — un coeficient aerodinamic, avînd următoarele valori :

k = 1,1 pentru conductoare active și de protecție cu diametrul de 2 cm sau mai mare, fără chiciură;

k = 1,2 pentru conductoare active și de protecție cu diametrul mai mic de 2 cm, fără chiciură, precum și pentru conductoarele de orice diametru acoperite cu chiciură.

În cazul conductoarelor fasciculare cu sau fără chiciură, sarcina orizontală determinată cu relațiile de mai sus este valabilă pentru un singur conductor al fazei, iar pentru celelalte conductoare ale fazei ea trebuie redusă cu 50%.

b. Pentru lanțurile de izolatoare formate din elemente cu capă și tijă :

— Fără chiciură :

$$p = k \cdot \frac{D}{100} \cdot \frac{v^2}{16} \quad (daN/m)$$

— Cu chiciură:

$$p_c = k \cdot \frac{D + 2\,d'}{100} \cdot \frac{v^2}{16} \quad (daN/m)$$

unde:

D este diametrul umbrelei izolatorului, cm;

d′ — grosimea stratului de chiciură, cm;

v — viteza vîntului, m/s;

k = 0,7 (coeficient aerodinamic).

c. În cazul izolatoarelor de tip tijă, se folosește relația indicată pentru conductoare, în care d este diametrul izolatorului, iar k = 0,7.

d. Pentru alte elemente (cleme, armături etc.) :

$$P = k \cdot S \cdot \frac{v^2}{16} \quad (daN)$$

unde :

S este suprafața expusă vîntului — cu sau fără chiciură — în proiecție pe un plan vertical, m^2 ;

k = 1,2 (coeficient aerodinamic).

7.1.4. Forțele electrodinamice la scurtcircuit, perpendiculare pe direcția conductoarelor, se determină astfel :

a. Între faze (în ipoteza că cele trei faze se găsesc în același plan la distanțe egale) :

$$q = 2{,}04\, \frac{(I''_{k_2})^2}{a} \cdot 10^{-2} \quad (daN/m)$$

unde :

I''_{k_2} este valoarea eficace inițială a componentei alternative a curentului de scurtcircuit bifazat, kA ;

a — distanța între axele fazelor, m.

Relația de mai sus este valabilă în cazul unui scurtcircuit bifazat.

În cazul unui scurtcircuit trifazat sînt solicitate numai fazele extreme. Forțele corespunzătoare sînt egale cu cele produse în cazul unui scurtcircuit bifazat între două faze alăturate dacă se admite relația aproximativă:

$$I''_{k_2} = \frac{\sqrt{3}}{2} I''_{k_3}$$

unde :

I''_{k_3} reprezintă valoarea eficace inițială a componentei alternative a curentului de scurtcircuit trifazat.

Calculul de mai sus ține seama numai de componenta continuă a forțelor electrodinamice de scurtcircuit, considerîndu-se că efectul componentelor alternative este practic nul, din cauza inerției conductoarelor.

În concluzie, indiferent de natura scurtcircuitului (bifazat sau trifazat), sînt solicitate numai două faze, iar forțele electrodinamice corespunzătoare sînt practic egale.

Se va considera că sînt afectate acele faze care solicită mai mult construcțiile de susținere.

b. În cazul conductoarelor fasciculate, în afara efortului determinat cu relația de mai sus, este necesară calcularea efortului suplimentar de șoc datorat forțelor electrodinamice între conductoarele fasciculului.

Calculele se execută separat.

◆ **7.2.** Pentru calculul mecanic se vor folosi datele meteorologice statistice ale regiunii de amplasare, considerîndu-se cele mai defavorabile situații care se observă, cu următoarele frecvențe :

— cel puţin o dată la 10 ani pentru instalaţii cu tensiunea nominală pînă la 110 kV, inclusiv:

— cel puţin o dată la 15 ani pentru instalaţii cu tensiunea nominală mai mare de 110 kV.

Se consideră ca date statistice următoarele :

— temperatura maximă absolută θ_a (necesară pentru calculul electric);

— temperatura minimă absolută a aerului $\theta_{min.}$;

— viteza maximă a vîntului $v_{max.}$;

— viteza v_c a vîntului cînd conductoarele sînt acoperite cu chiciură;

— greutatea depunerilor de chiciură g_c.

Temperatura de formare a chiciurii şi cea la care viteza vîntului este maximă se consideră întotdeauna de —5°C.

Dacă nu se cunosc datele meteorologice statistice ale regiunii de amplasare, ele vor fi apreciate de la caz la caz, pe baza unei documentaţii justificative.

Datele adoptate nu vor fi mai mici decît cele indicate în cap. 3 şi anexa 1 (harta zonelor meteorologice din România) din normativul PE 101.

7.3. Calculul se execută pentru stările indicate în tabelul 2.

În cazul conductoarelor fasciculare, în afara stărilor indicate în tabelul 2, este necesară în plus o verificare privitoare la eforturile suplimentare datorate forţelor electrodinamice produse între conductoarele aceleiaşi faze (pct. 7.6.).

7.4. Condiţiile pe baza cărora se întocmeşte calculul mecanic sînt următoarele :

a. Rezistenţele în conductor şi în armături la stările I, II, III şi IV nu trebuie să depăşească 1/4 din rezistenţa de rupere. În cazul conductoarelor neomogene, condiţia se aplică fiecăruia dintre elementele componente în parte.

Eforturile în izolatoarele de suspensie la stările I, II, III şi IV nu trebuie să depăşească 1/4 din sarcina de încercare sub tensiune electrică. Pentru izolatoarele la care nu este definită sarcina de încercare sub tensiune electrică; se va stabili de la caz la caz sarcina corespunzătoare.

Rezistenţele în conductor şi eforturile în izolatoarele de suspensie la starea V nu vor depăşi de două ori valoarea

Tabelul 2

Stările de calcul

Felul instalaţiei	Starea	Temperatura	Viteza vîntului	Chiciura	Scurtcircuit între faze
De exterior	I	$0_{min.}$	—	—	—
	II	—5°C	$v_{max.}$	—	—
	III	—5°C	v_c	da	—
	IV	+70°C	—	—	—
	V	—5°C	v_c	da	maxim
	VI *	+15°C	0,6 $v_{max.}$	—	—
De interior	I	$0_{min.}$	—	—	—
	II	+70°C	—	—	—
	V'	—5°C	—	—	maxim

* Starea VI serveşte la determinarea distanţelor necesare între conductoare şi între acestea şi părţile legate la pămînt în cazul balansului provocat de vînt.

admisibilă la celelalte stări. În cazul conductoarelor neomogene, condiţia se aplică fiecăruia dintre elementele componente în parte.

b. Săgeata conductorului trebuie să fie suficient de redusă, pentru ca balansul la vînt sau la scurtcircuit să nu impună distanţe neeconomice între faze.

În cazurile obişnuite săgeata conductorului la stările I—IV nu depăşeşte 6% din deschidere.

În cazul separatoarelor monocoloană (de exemplu al separatoarelor pantograf), poate fi necesară o săgeată mai mică decît valorile uzuale, în vederea reducerii deplasării laterale a conductoarelor la vînt.

7.5. Nu a fost elaborată încă o metodă suficient de exactă şi de practică pentru calculul mecanic al conductoarelor flexibile din staţiile de conexiuni şi transformare, care să ţină seama de prezenţa lanţurilor de izolatoare şi a legăturilor la aparate.

Metodele cunoscute pînă în prezent sînt indicate în bibliografie. Dezavantajul lor principal constă în faptul că se negli-

jează fenomenele dinamice tranzitorii care se produc din cauza vîntului şi a forţelor electrodinamice între faze datorită scurtcircuitului, fapt care poate conduce la erori importante.

În această direcţie sînt în curs cercetări în diverse ţări industriale, dar în nici o ţară nu a fost încă standardizată sau recomandată oficial o metodă de calcul.

În anexa 5 la prezentele instrucţiuni este descrisă informativ o metodă de calcul utilizată la noi în ţară.

Institutul de Studii şi Proiectări Energetice dispune de un program corespunzător pentru calculatorul electronic.

Se recomandă folosirea lui.

7.6. Pentru determinarea eforturilor tranzitorii suplimentare care apar în primul moment al producerii unui scurtcircuit în cazul conductoarelor fasciculare, au fost elaborate de asemenea unele metode de calcul aproximativ, menţionate în bibliografie.

Rezultatele calculelor efectuate cu aceste metode nu concordă în suficientă măsură cu rezultatele experimentale.

Sînt în curs cercetări pentru elaborarea unor metode de calcul mai exacte.

Din aceste motive în prezentele instrucţiuni nu se poate prescrie o anumită metodă de calcul.

Se menţionează faptul că, indiferent de metoda de calcul adoptată, se acceptă ipoteza că apropierea conductoarelor încărcate cu chiciură, ca urmare a eforturilor electrodinamice, se face cel mult pînă la atingerea straturilor de chiciură.

Institutul de Studii şi Proiectări Energetice dispune de o metodă de calcul pentru conductoarele fasciculare.

Se recomandă folosirea ei.

Anexa 1

Calculul mecanic

1. Se împarte deschiderea în intervale omogene, numerotate de la 1 la n (în cazul figurii 2 există cinci intervale).

Fiecare lanţ de izolatoare constituie un interval. De asemenea, formează cîte un interval fiecare porţiune de conductor cuprinsă între două legături la aparate sau între un lanţ de izolatoare şi o legătură la un aparat.

În fiecare interval sarcina uniform distribuită este constantă şi nu pot exista sarcini concentrate decît la capetele intervalelor.

Sarcinile concentrate poartă acelaşi număr ca şi intervalul din stînga lor.

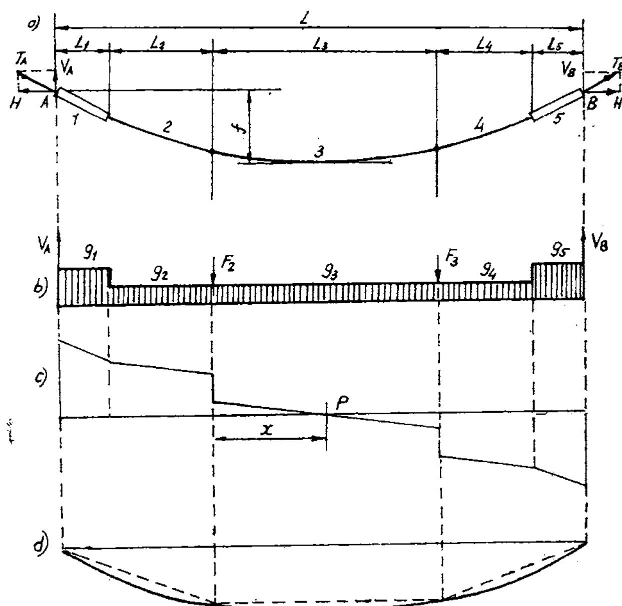


Fig. 2. Definirea elementelor de calcul la conductoarele flexibile:

a — conductorul şi intervalele; *b* — încărcările; *c* — forţele tăietoare pentru grinda echivalentă; *d* — momentele de încovoiere pentru grinda echivalentă.

2. Se determină sarcinile uniform distribuite pentru fiecare interval, precum şi sarcinile concentrate (fig. 2, b), folosindu-se în acest scop relaţiile indicate în prezentele instrucţiuni la pct. 7.

Calculele se întocmesc separat pentru fiecare dintre stările indicate în tabelul 2.

În cazul stărilor la care există atît sarcini verticale g_v, cît şi sarcini orizontale g_h, ele se adună geometric, conform relaţiei :

$$g=\sqrt{g_v^2+g_h^2}$$

Se determină astfel sarcina uniform distribuită pentru fiecare interval.

Sarcinile concentrate verticale şi orizontale se adună în acelaşi mod.

3. Sarcina totală a fiecărui interval se determină cu relaţia :

$$G_i = L_i \cdot g_i$$

unde :

G_i este sarcina totală a intervalului i, daN ;

g_i — sarcina uniform distribuită pe intervalul i, daN/m;

L_i — lungimea intervalului i, m.

4. Reacţiunile V_A şi V_B rezultă din ecuaţii de momente :

$$V_A = \frac{1}{L}\left[\sum_{i=1}^{n} M_i + \sum_{j=1}^{n-1} M_j'\right] \quad \text{(daN)}$$

unde :

L este lungimea totală a deschiderii, m ;

M_i — momentul sarcinii totale G_i a intervalului i faţă de punctul B (daN·m) ; se consideră că sarcina G_i se aplică în mijlocul intervalului;

M_j' — momentul sarcinii concentrate F_j faţă de punctul B, daN·m.

Pentru V_B se foloseşte o relaţie similară, considerînd momentele faţă de punctul A.

5. La capetele fiecărui interval se determină forţele tăietoare care ar apărea în cazul unei grinzi rigide. Se notează cu V_{is} forţa tăietoare la stînga intervalului i şi cu V_{id} forţa tăietoare la dreapta acestui interval.

$$V_{1s} = V_A \qquad V_{1d} = V_A - G_1$$

$$V_{2s} = V_{1d} - F_1 \qquad V_{2d} = V_{2s} - G_2$$

$$V_{ns} = V_{n-1,\, d} - F_{n-1} \qquad V_{nd} = V_{ns} - G_n = -V_B$$

6. Săgeata este maximă în punctul în care se anulează forţa tăietoare.

a. Dacă forţa tăietoare schimbă semnul în dreptul unei sarcini concentrate, săgeata este maximă în acel punct P.

b. Dacă forţa tăietoare are semne contrare la capetele unui interval k, ea se anulează în interiorul acelui interval într-un punct P, la o distanţă x de capătul din stînga al intervalului:

$$x = \frac{V_{ks}}{g_k} \quad \text{(m)}$$

unde :

V_{ks} este forța tăietoare la stînga intervalului k, daN;

g_k — sarcina uniform distribuită în intervalul respectiv, daN/m.

7. Se calculează momentul față de punctul P al tuturor forțelor situate la stînga acestui punct. Acest moment este maxim :

$$M_{max.} = M_{AP} - \Sigma M_{GP} - \Sigma M_{FP} \qquad (daN \cdot m)$$

unde :

M_{AP} este momentul reacțiunii V_A față de punctul P, daN·m.

ΣM_{GP} — suma momentelor față de punctul P ale tuturor sarcinilor uniform distribuite situate la stînga acestui punct, daN·m ;

ΣM_{FP} — suma momentelor față de punctul P ale tuturor sarcinilor concentrate situate la stînga acestui punct, daN·m ;

8. Între componenta orizontală H a tracțiunii în conductor (daN), săgeata maximă f(m) și momentul maxim $M_{max.}$(daN·m) există relația :

$$M_{max.} = Hf$$

Componenta orizontală H a tracțiunii în conductor este constantă în toată deschiderea.

9. Tracțiunea în conductor este maximă la capete și are valorile T_A și T_B:

$$T_A = \sqrt{H^2 + V_A^2}$$

$$T_B = \sqrt{H^2 + V_B^2}$$

Valorile T_A și T_B diferă relativ puțin de componenta H, astfel încît în general ele nu se mai calculează, considerîndu-se că tracțiunea în conductor este practic egală cu componenta H.

10. Pentru fiecare punct de separare între două intervale se determină o sarcină concentrată fictivă cu relația:

$$F_i' = F_i + \frac{1}{2} G_i + \frac{1}{2} G_{i+1}$$

unde:

F_i este sarcina concentrată fictivă, în punctul i (la dreapta intervalului i), daN;

G_i — sarcina totală a intervalului i, daN;

G_{i+1} — sarcina totală a intervalului i+1, daN.

Rezultă, de asemenea, reacțiunile fictive V'_A și V'_B :

$$V'_A = V_A - \frac{1}{2} G_1 \quad \text{(daN)}$$

$$V'_B = V_B - \frac{1}{2} G_n \quad \text{(daN)}$$

11. Se determină momentul M_i față de fiecare punct de separație i dintre intervale, al tuturor sarcinilor concentrate fictive situate la stînga :

$$M_i = M'_{Ai} - \sum M_{Fi} \quad \text{(daNm)}$$

unde :

M_i este momentul în dreptul punctului i, adică la capătul din dreapta al intervalului i, daN·m ;

M'_{Ai} — momentul reacțiunii fictive V'_A față de punctul i, daN·m ;

$\Sigma M'_{Fi}$ — suma momentelor față de punctul i al tuturor sarcinilor concentrate fictive situate la stînga acestui punct, daN·m.

Este evident că momentele în punctele A și B sînt nule.

12. Cu ajutorul mărimilor determinate anterior se calculează cantitatea Ω, pe baza relațiilor :

$$\Omega = \Omega' + \Omega'' \quad (\text{daN}^2\text{m})$$

$$\Omega' = \sum_{1}^{n-1} F'_i \cdot M_i \quad (\text{daN}^2\text{m})$$

$$\Omega'' = \sum_{1}^{n} \frac{G_i^2 L_i}{12} \quad (\text{daN}^2\text{m})$$

13. Toate calculele de mai sus se întocmesc separat pentru fiecare dintre stările indicate în tabelul 2.

14. Cînd se cunoaște rezistența σ_1(daN/mm²) în conductor la o anumită stare 1, se poate deduce rezistența σ_2(daN/mm²) la o altă stare 2, cu ajutorul ecuației de stare :

$$\sigma_2^3 + \left[\frac{E\Omega_1}{2\, s^2 L \sigma_1^2} + E\alpha(\theta_2 - \theta_1) - \sigma_1\right] \sigma_2^2 = \frac{E\Omega_2}{2\, s^2 L}$$

unde :

E este modulul de elasticitate al conductorului, daN/mm^2 ;
α — coeficientul de dilatare termică al conductorului, °C^{-1} ;
s — secțiunea conductorului, mm^2 ;
L — lungimea totală a deschiderii, m ;
θ_1 — temperatura conductorului la starea 1, °C ;
θ_2 — temperatura conductorului la starea 2, °C.

În cazul conductoarelor neomogene (de exemplu al celor de oțel-aluminiu), în relația de mai sus se introduc modulul de elasticitate echivalent și coeficientul de dilatare termică echivalent :

$$E = \frac{aE_1 + E_2}{a+1}$$

$$\alpha = \frac{a\,E_1\,\alpha_1 + E_2\alpha_2}{aE_1 + E_2}$$

unde :

E este modul de elasticitate echivalent, daN/mm^2 ;
E_1 — modulul de elasticitate al elementului 1 al secțiunii compuse (de exemplu al oțelului) daN/mm^2 ;
E_2 — modulul de elasticitate al elementului 2 al secțiunii compuse (de exemplu al aluminiului), daN/mm^2 :
α — coeficientul de dilatare termică echivalent, °C^{-1} ;
α_1 — coeficientul de dilatare termică al elementului 1, °C^{-1} ;
α_2 — coeficientul de dilatare termică al elementului 2, °C^{-1} ;
$a = \frac{s_1}{s_2}$ (raportul secțiunilor elementelor componente).

De asemenea, în cazul conductoarelor neomogene, mărimea s din ecuația de stare reprezintă secțiunea totală a conductorului (s_1+s_2), iar rezistența σ reprezintă raportul între tracțiunea în conductor și secțiunea totală s.

15. Calculul mecanic al conductoarelor se poate realiza în două variante :

a. Cu tracțiunea maximă în conductor, astfel încît rezistența admisibilă să fie efectiv la una dintre stări, fără a fi depășită la celelalte.

Starea la care rezistența admisibilă este atinsă efectiv nu poate fi precizată dinainte. Se procedează în general prin încercări, presupunînd că rezistența admisibilă este atinsă la o anumită stare și determinîndu-se rezistențele care rezultă la celelalte stări cu ajutorul relației indicate la pct. 14.

Dacă se constată că la o anumită stare rezistenţa admisibilă este depăşită, înseamnă că presupunerea iniţială este greşită şi încercările trebuie reluate.

După obţinerea soluţiilor finale, se determină pentru toate stările tracţiunile în conductor cu relaţia:

$$H = \sigma : s$$

şi apoi săgeţile corespunzătoare cu relaţia indicată la pct. 8.

În cazul conductoarelor neomogene, rezistenţa admisibilă σ_a este cea mai mică dintre valorile σ_a' şi σ_a'' determinate astfel :

$$\sigma_a' = \frac{E}{E_1} \sigma_{a1} \quad (\text{daN/mm}^2)$$

$$\sigma_a'' = \frac{E}{E_2} \sigma_{a2} \quad (\text{daN/mm}^2)$$

unde :

σ_{a1} este rezistenţa admisibilă a elementului 1 al secţiunii compuse, daN/mm²;

σ_{a2} — rezistenţa admisibilă a elementului 2 al secţiunii compuse, daN/mm².

b. Cu săgeata maximă admisă, care trebuie să fie efectiv atinsă la una dintre stări, fără a fi depăşită la celelalte.

Starea la care săgeata admisă este atinsă efectiv nu poate fi precizată dinainte. Se procedează în general tot prin încercări, utilizîndu-se aceleaşi relaţii ca mai sus.

16. Pentru dimensionarea construcţiilor de susţinere este în general necesară indicarea pentru stările I—V a următoarelor valori :

a. Tracţiunea H în conductor, care se determină conform metodei expuse mai sus.

b. Reacţiunea verticală în punctul de suspensie a conductorului:

— la stările I, II şi IV ea este egală cu valoarea V_A (respectiv V_B) corespunzătoare stării I ;

— la stările III şi V ea poate fi considerată aproximativ egală cu valoarea V_A (respectiv V_B) corespunzătoare stării III ;

— reacţiunea orizontală în punctul de suspensie a conductorului, datorită vîntului şi eforturilor electrodinamice la scurtcircuit, la stările II, III şi V.

Ea poate fi determinată aproximativ cu relaţia:

$$W = \frac{g_h}{\sqrt{g_h^2 + g_v^2}} \cdot V$$

unde :

W reprezintă reacţiunea orizontală, daN;
V — reacţiunea V_A sau V_B la starea respectivă, daN ;
g_v — sarcina verticală uniform distribuită pe conductor, daN/m;
g_h — sarcina orizontală uniform distribuită pe conductor, daN/m.

Anexa 2

Ipoteze pentru dimensionarea construcţiilor de susţinere

1. Ca sarcini fundamentale se consideră forţele datorate greutăţilor proprii ale elementelor instalaţiei, considerate la starea I. Fiecare construcţie de susţinere se dimensionează la rezultanta forţelor care acţionează asupra ei.

Pot apărea situaţii defavorabile la instalaţiile care nu se echipează de la început în întregime, ca urmare a solicitărilor dezechilibrate. Evitarea acestor situaţii se poate face prin conductoare provizorii de echilibrare, ancorări provizorii etc.

Se indică următoarele săgeţi maxime de calcul adoptate uzual în cazul sarcinilor fundamentale, din punctul de vedere al efectelor asupra condiţiilor de întindere a conductoarelor:

— rigle : 1/150 din deschidere ;
— stîlpi: 1/50 din înălţime.

2. Sarcinile accidentale sînt forţele datorate vîntului şi chiciurii şi cele datorate dezechilibrelor care apar pentru scurt timp la montare.

a) Forţele datorate vîntului şi chiciurii corespund stărilor II şi III. Fiecare construcţie de susţinere se dimensionează la rezultanta forţelor care acţionează asupra ei, separat pentru cele două stări.

b) Pentru determinarea dezechilibrelor la montare, se consideră în mod convenţional că forţele exercitate de conductoare corespund stării I.

Dezechilibrele la montare pot fi reduse prin adoptarea unei anumite succesiuni de instalare a conductoarelor.

Dacă dimensionarea construcţiilor de susţinere se face într-o astfel de ipoteză, ea trebuie menţionată în proiect, atrăgîndu-se atenţia executantului prin indicaţii cît mai vizibile în memoriu şi pe planuri.

În cazul sarcinilor accidentale, se adoptă de obicei aceleaşi săgeţi maxime de calcul ca în cazul sarcinilor fundamentale.

3. Sarcini extraordinare sînt considerate cele care apar la ruperea conductoarelor, precum şi în cazul scurtcircuitelor.

a) Se admite că ruperea conductoarelor se produce în cazul stării III, considerîndu-se că într-o staţie de o anumită tensiune se rupe un singur conductor (respectiv un singur fascicul, în cazul conductoarelor fasciculare), într-un singur panou de întindere.

Se alege de fiecare dată conductorul (sau fasciculul) care conduce la solicitarea cea mai defavorabilă pentru elementul care se dimensionează.

b) Eforturile datorate acţiunilor electrodinamice între faze, produse de curenţii de scurtcircuit, se determină în condiţiile stării V.

În circuitele trifazate se ia în considerare de regulă scurtcircuitul bifazat, afectînd două faze alăturate.

Conductoarele neparcurse de curentul de scurtcircuit se găsesc în starea III.

c) Eforturile datorate acţiunilor electrodinamice între conductoarele aceleiaşi faze, produse de curenţii de scurtcircuit în cazul conductoarelor fasciculare, se determină pentru două situaţii: cînd starea precedentă scurtcircuitului este starea II şi cînd starea precedentă este starea III.

În circuitele trifazate se ia în considerare de regulă scurtcircuitul bifazat, afectînd două faze alăturate.

Conductoarele neparcurse de curentul de scurtcircuit se găsesc corespunzător în starea II sau în starea III.

Avînd în vedere variaţia aproximativ liniară în timp a efortului de tracţiune suplimentar la scurtcircuit, se consideră pentru dimensionare o valoare medie, egală cu jumătate din valoarea maximă calculată şi acţionînd timp de 0,05 s.

Sarcinile de la pct. a, b şi c de mai sus se iau în considerare separat, fără a se suprapune.

Asupra sarcinilor de la pct. b şi c produse de curenţii de scurtcircuit se fac următoarele precizări :

Pentru elementele constructive ale unei staţii de o anumită tensiune, se consideră că efectul curenţilor de scurtcircuit se manifestă într-un singur circuit (un sistem de bare colectoare, o celulă etc.). Pentru dimensionarea fiecărui element constructiv, se presupune că este afectat circuitul care conduce la solicitarea cea mai defavorabilă.

Se consideră astfel că stîlpii cadrelor sînt solicitaţi de forţele produse de curenţii de scurtcircuit dintr-o singură travee, (cu excepţia cazurilor în care circuitul afectat ocupă două travee alăturate, ca de exemplu unele cuple longitudinale).

Locul defectului în circuitul afectat se alege astfel, încît să conducă la solicitarea cea mai defavorabilă pentru elementul constructiv care se dimensionează. Astfel, în cazul riglelor cu conductoare de ambele părţi, se consideră că scurtcircuitul se produce la riglă, efectul său manifestîndu-se pe o singură parte a riglei. Fac excepţie riglele la care conductoarele de pe cele două părţi sînt legate galvanic şi au direcţii diferite, astfel încît forţele nu se echilibrează, rezultanta lor fiind mai mare decît tracţiunea într-o singură parte. La acestea se consideră că scurtcircuitul se produce în altă parte a circuitului, iar efectul curenţilor de scurtcircuit se manifestă pe ambele părţi ale riglei.

Pentru sarcinile extraordinare nu se precizează condiţiile de săgeată, din punctul de vedere al efectelor asupra condiţiilor de întindere a conductoarelor. În cazul în care din calculul de rezistenţă rezultă săgeţi mai mari decît valorile maxime indicate pentru sarcinile fundamentale, se va analiza posibilitatea admiterii săgeţilor obţinute.

Caracteristicile tehnice ale conductoarelor

Construcția conductorului de oțel-aluminiu	Secțiunea nominală a conductorului de oțel-aluminiu, mm²	Secțiunea calculată			Raportul secțiunilor aluminiu-oțel	Diametrul conductorului de oțel-aluminiu, D min.	Exe…	
		A firelor (sîrmelor componente)					Inima	
							Firul (sîrmă)	
		Aluminiu, mm²	Oțel, mm²	Total			Nr. total de fire	Diametrul unui fir, mm
Normală	16/25	15,3	2,55	17,85	6	5,4	1	1,8
	25/4	23,9	4,0	27,9	6	6,8	1	2,25
	36/6	34,3	5,7	40,0	6	8,1	1	2,7
	50/8	48,3	8,0	56,3	6	9,6	1	3,2
	70/12	66,2	11,6	77,8	5,7	17,6	7	1,45
	95/15	90,0	15,0	105,0	6	13,4	7	1,65
	120/21	122,6	20,9	143,5	5,8	15,7	7	1,95
	150/25	148,9	25,4	174,3	5,8	17,3	7	2,15
	185/32	183,8	31,7	215,5	5,8	19,2	7	2,4
	240/40	236,0	40,1	276,1	5,9	21,7	7	2,7
	300/50	294,9	49,5	344,4	6	24,2	7	3,0
	400/75	395,2	75,5	470,7	5,3	28,2	19	2,25
	450/75	445,1	75,5	520,6	5,9	29,25	19	2,25
	680/85	678,6	85,9	764,5	7,7	36,0	19	2,4
Întărită	95/55	96,5	56,3	152,8	1,7	16,0	7	3,2
	120/28	119,4	27,8	147,2	4,3	15,75	7	2,25
	150/36	153,3	35,7	189,0	4,3	17,85	7	2,55
	185/43	184,8	43,1	227,9	4,3	19,6	7	2,8
	240/56	241,2	56,2	297,4	4,3	22,4	7	3,2
	300/69	305,4	69,0	374,4	4,5	25,15	19	2,15
	400/85	395,6	85,9	481,5	4,5	28,40	19	2,4
	450/97	449	96,9	545,9	4,6	30,2	19	2,55

Anexa 3

din oţel-aluminiu STAS 3000-69

...cuţie							
de oţel	Manta de aluminiu			Sarcina de rupere calculată a conductorului de OL-AL, kgf	Rezistenţa electrică a conductorului de OL-AL la 20°C (informativă), Ω/m	Masa aproximativă a conductorului de OL-AL, kg/km	
	Firul (sîrmă)						
Diametrul inimii, mm	Nr. total de fire	Diametrul unui fir, mm	Nr. total de straturi			Negresat	Gresat
1,8	6	1,8	1	560	1,880	61,8	64
2,25	6	2,25	1	886	1,222	96,6	100
2,7	6	2,7	1	1234	0,830	139,2	144
3,2	6	3,2	1	1710	0,594	195,3	202
4,35	10+16	1,8	2	2520	0,437	272,4	283
4,95	10+16	2,1	2	3335	0,321	366,0	380
5,85	10+16	2,45	2	4560	0,236	503,0	522
6,45	10+16	2,7	2	5385	0,193	612,0	635
7,20	10+16	3	2	6620	0,157	757,0	786
8,10	10+16	3,4	2	8580	0,122	968	1004
9,0	10+16	3,8	2	10660	0,098	1205	1250
11,25	11+17	4,24	2	15370	0,074	1689	1780
11,25	15+21+27	3	3	16150	0,066	1328	1890
12,00	12+18+24	4	3	21040	0,043	2570	2660
9,6	12	3,2	1	7965	0,300	712	737
6,75	12+18	2,55	2	5380	0,242	549	570
7,65	12+18	2,55	2	6700	0,189	705	733
8,40	12+18	2,8	2	8130	0,156	650	884
9,6	12+18	3,2	2	10550	0,120	1110	1148
10,75	12+18	3,6	2	13170	0,096	1390	1438
12	12+18	4,1	2	16650	0,073	1773	1815
12,75	16+23+29	2,9	3	17500	0,065	2016	2086

Anexa 4

Module de elasticitate și coeficienți de dilatare liniară, STAS 3000-69

Numărul total de fire din conductorul de oțel-aluminiu		Modulul de elasticitate final (efectiv), kg/mm² E	Coeficientul de dilatație liniară (calculat), α
Aluminiu	Oțel		
6	1	8100	$19{,}1 \times 10^{-6}$
6	7	7700	$19{,}8 \times 10^{-6}$
12	7	10700	$15{,}3 \times 10^{-6}$
18	1	6700	$21{,}2 \times 10^{-6}$
2	7	7400	19×10^{-6}
26	7	7700	$18{,}9 \times 10^{-6}$
2	7	7900	$18{,}4 \times 10^{-6}$
30	7	8200	$17{,}8 \times 10^{-6}$
30	19	8000	$18{,}0 \times 10^{-6}$
32	19	8200	$17{,}5 \times 10^{-6}$
54	7	7000	$19{,}3 \times 10^{-6}$
54	19	6800	$19{,}4 \times 10^{-6}$

Anexa 5

Utilizarea mașinilor electronice pentru calculul mecanic

În afară de reducerea considerabilă a timpului necesar, calculul cu mașina electronică oferă o serie de posibilități suplimentare.

— se ține seama de elasticitatea construcțiilor de susținere ;

— se poate executa calculul în cazul existenței unor versante de suspensie.

În vederea executării calculului mecanic la mașina electronică, datele inițiale se vor prezenta sub formă de tabele, conform modelelor anexate.

În cele ce urmează se prezintă modul de completare a acestor tabele pentru calculul conductoarelor după programul CONFLEX și program FASCICUL.

Programul CONFLEX (scris în limbaj FORTRAN) calculează următoarele :

— valori generale;
— valori caracteristice fiecărei stări;
— valori pentru dimensionarea construcţiilor de susţinere;
— valori necesare pentru montare.

Programul FASCICUL calculează efortul mecanic suplimentar care se produce în conductoarele fasciculare în momentul apariţiei curentului de scurtcircuit.

A. PROGRAMUL CONFLEX

Introducerea datelor se face pe cartele cu 80 de coloane. Datele iniţiale necesare calculului sînt cele cuprinse în machetele de date.

Pentru fiecare gen de date este specificat un anumit cîmp. În cazul numerelor reale formatul specifică şi amplasarea punctului zecimal.

Toate cartelele din setul aferent unui exemplu sînt numerotate şi se completează în felul următor:

— primele trei cartele numerotate în primele două coloane cu cifrele: 01, 02 şi respectiv 03 sînt cartelele de comentariu ce dau relaţii asupra variantei calculate (toate informaţiile încep cu coloana 5) ;

— cartela 04 conţine şapte numere întregi, pentru fiecare din aceste numere fiind afectate cîte trei coloane începînd cu coloana 5 şi care indică:

NV — numărul variantei ;

NS — numărul de stări luate în consideraţie;

NI — numărul punctelor pentru care se indică abscisele pentru determinarea săgeţilor;

NG — numărul rîndurilor grupei care cuprinde sarcinile uniform distribuite care intervin în calcul;

NI — numărul de intervale în care este împărţită deschiderea ;

NQ — numărul treptelor de temperatură (de obicei 6);

A — cifra care indică ipoteza de calcul, şi anume :

0 — se pleacă de la efortul maxim la diverse stări;

1 — se pleacă de la săgeata maximă pe orizontală şi pe verticală ;

2 — se pleacă de la efortul maxim la diverse stări şi de la săgeata maximă pe orizontală şi pe verticală ; se determină constanta resortului necesar pentru respectarea limitelor fixate ;

3 — se pleacă de la săgeata maximă pe orizontală şi pe verticală şi de la săgeata minimă pe verticală ; se determină constanta resortului necesar pentru respectarea limitelor fixate.

— cartela 05 conține opt numere reale începînd cu coloana 5; pentru primele șapte sînt afectate nouă coloane și punctul este plasat în coloana 6, al optulea număr are tot nouă coloane, iar punctul este plasat în coloana 2.

Aceste numere sînt:

L_{tot} — lungimea totală a deschiderii, m;

L_{iz} — lungimea totală a izolatoarelor din deschidere, m;

S — secțiunea totală a conductorului, mm²;

E — modulul de elasticitate echivalent al conductorului, kg/mm²;

sin φ — sinusul unghiului de denivelare, care este la un nivel inferior celui din dreapta;

$f_{max.}$ — săgeata maximă pe verticală, m. În cazul a=0 valoarea $f_{max.}$ nu se precizează, iar pe cartelă se completează cu zero;

$f'_{max.}$ — săgeata maximă pe orizontală, m. În cazul a=0 se procedează ca mai sus. Dacă în cazurile a=1, a=2 sau a=3, valoarea $f'_{max.}$ nu este impusă, se presupune că ea nu va depăși 10 m și se completează pe cartele val. 10;

α — coeficientul de dilatare termică echivalent al conductorului ($°C^{-1}$).

— cartela 06 cuprinde două numere reale, începînd cu coloana 5 a cartelei, pentru fiecare dintre acestea fiind afectate nouă coloane cu punctul în coloana 6.

Aceste numere sînt următoarele:

$f_{min.}$ — săgeata minimă pe verticală (m); se precizează în cazurile în care se urmărește reducerea variației săgeții pe verticală, prin introducerea unui resort, a cărui constantă urmează să fie determinată prin calcul. Cînd această valoare nu este stabilită dinainte, se completează cu zero;

R — constanta elastică a construcțiilor de susținere (dacă trebuie luată în considerare) sau a resortului (dacă există și este stabilită dinainte), (m/kg). Reprezintă deplasarea construcției de susținere sau a capătului mobil al resortului (m) cînd se aplică o forță de 1kg. Dacă se ia în considerare atît elasticitatea construcțiilor de susținere, cît și un resort cunoscut dinainte, R reprezintă suma constantelor lor. Cînd construcțiile de susținere se consideră rigide și nu există resort, sau constanta acestuia trebuie determinată prin calcul, se consideră că în cadrul datelor inițiale **R=0**;

— cartelele 07 și 08 cuprind abscisele punctelor în care trebuie determinate săgețile pe verticală. Ele încep cu coloana 5 și sînt numere reale, cărora le sînt afectate nouă coloane cu punctul în coloana 6.

Pe prima cartelă 07 se pot completa opt date, pe a doua alte opt. Dacă sînt mai puţin de opt date, se foloseşte numai cartela 07.

— cartelele 09 şi 10. Cartela 09 completată cu $C_I \ldots C_V$ reprezintă numărul coloanei din grupa sarcinilor uniform distribuite în care sînt înscrise sarcinile verticale corespunzătoare stării respective.

Cartela 10 completată cu $C'_I \ldots C'_V$ reprezintă numărul coloanei din grupa sarcinilor uniform distribuite în care sînt înscrise sarcinile orizontale corespunzătoare stării respective.

Dacă la una dintre stări nu există sarcină orizontală, numărul C' corespunzător este 0. Greutatea proprie va fi reprezentată totdeauna prin $C=1$, $C=2$ (se foloseşte pentru montaj).

Exemplu (dacă destinaţia coloanelor la grupe de sarcini uniform distribuite este cea menţionată mai jos la cartele ce cuprind aceste date) :

$C_I - C'_I$	1—0	
$C_M - C'_M$	2—0	— pentru montaj
$C_{II} - C'_{II}$	1—4	
$C_{III} - C'_{III}$	3—5	
$C_{IV} - C'_{IV}$	1—0	
$C_V - C'_V$	3—6	

Numerele întregi au afectate trei coloane.

— cartelele 11 şi 12 se completează începînd cu coloana 5 şi cuprind fiecare cîte opt numere reale cu cîte nouă coloane şi cu punctul în coloana 6. Pe ele se înscriu temperaturile corespunzătoare stărilor respective (°C) pentru care se face calculul. Dacă sînt mai puţin de opt date se foloseşte o singură cartelă;

— cartelele 13 şi 14 se completează începînd cu coloana 5 şi cuprind fiecare cîte opt numere reale cu cîte nouă coloane fiecare şi cu punctul în coloana 6. Pe ele se înscriu în ordine rezistenţele admisibile totale ale conductorului (kg/mm^2) la fiecare stare.

Dacă sînt mai puţin de opt date se utilizează o singură cartelă.

— cartelele 15 şi 16 se completează începînd cu coloana 5 cu numere reale, cîte opt pe fiecare cartelă, cu cîte nouă coloane fiecare şi cu punctul zecimal în coloana 6.

Aceste numere reprezintă lungimea intervalelor (a) de la 1 la i (i = 1,2 . . . 16).

— cartelele 17,18 și 19 cuprind în ordine :

d_i — comportarea elastică a intervalului în plan vertical;

d_i' — comportarea elastică a intervalului i în plan orizontal;

b_i — numărul rindului din grupa sarcinilor uniform distribuite corespunzătoare intervalului i.

Aceste numere sînt întregi și se completează pe cartele începînd cu coloana 5, avînd afectate fiecare cîte trei coloane.

Mărimile d_i și d_i' pot avea următoarele valori:

0 — interval flexibil (conductor, lanț de izolatoare de suspensie cu capă etc.);

1 — interval rigid deplasabil (izolator tip tijă etc.);

2 — interval rigid nedeplasabil (izolator tip V).

Exemple privind mărimile d_i —d_i' :

— conductor 0—1;
— izolator tip tijă 1—1;
— izolatoare cu capă în V 0—2;
— izolatoare tijă în V 1—2;

— cartela 20 precede grupul de cartele completate cu sarcinile uniform distribuite (kg/m). Nu are nimic altceva înscris pe ea.

Set de cartele ce cuprind sarcinile uniform distribuite (kg/m) ce intervine în calcul:

— cartelă cu sarcinile conductorului;
— cartelă cu sarcinile izolatorului;
— cartelă cu sarcinile unui al treilea material (dacă există).

Pe aceste cartele se completează cîte șase numere reale începînd cu coloana 5 a cartelei, fiecăruia fiindu-i afectate cîte nouă coloane și punctul zecimal în coloana 6.

Aceste numere reprezintă:

1. Greutatea proprie.

2. Greutatea proprie (se repetă pentru calculul la montare).

3. Greutatea proprie+chiciură.

4. Sarcina dată de vîntul cu viteză maximă cînd nu există chiciură.

5. Sarcina dată de vîntul cu viteza V_c cînd există chiciură.

6. Sarcină dată de vîntul cu viteza V_c, cînd există chiciură, valoare egală cu cea de la 5.

PROGRAMATOR:	ASN	FOAIE DE PROGRAM FORTRAN							TELEFON 274 - 281
Etichetă	Instrucțiuni Fortran								Secvență
01	DENUMIREA STATIEI								
02	ELEMENTUL DE CALCUL		DESCHIDEREA						
03	TIPUL CONDUCTORULUI								
04	NM NS NX NG NI NQ a								
05	L_{tot}•	L_{iz}•	S•	E•	sin α•	$f_{max\,v}^{(1)}$•	$f_{max\,0}^{(0)}$•	•α	
06	f•$_{min}^{(v)}$	•R							
07	X_1•	X_2•	X_3•	X_4•	X_5•	X_6•	X_7•	X_8•	
08	X_9•	X_{10}•	X_{11}•	X_{12}•	X_{13}•	X_{14}•	X_{15}•	X_{16}•	
09	1 2	1 3	1 3						
10	0 0	4 5	0 6						
11	θ_1•	θ_2•	θ_3•	θ_4•	θ_5•	θ_6•	θ_7•	θ_8•	
12	θ_9•	θ_{10}•	θ_{11}•	θ_{12}•	θ_{13}•	θ_{14}•	θ_{15}•	θ_{16}•	
13	Γ_1•	•O	Γ_3•	Γ_4•	Γ_5•	Γ_6•	Γ_7•	Γ_8•	
14	Γ_9•	Γ_{10}•	Γ_{11}•	Γ_{12}•	Γ_{13}•	Γ_{14}•	Γ_{15}•	Γ_{16}•	
15	L_1•	L_2•	L_3•	L_4•	L_5•	L_6•	L_7•	L_8•	
16	L_9•	L_{10}•	L_{11}•	L_{12}•	L_{13}•	L_{14}•	L_{15}•	L_{16}•	
17	d_1 d_2	d_3 d_4	d_5 d_6						
18	d'_1 d'_2	d'_3 d'_4	d'_5 d'_6						
19	b_1 b_2	b_3 b_4	b_5 b_6						
20									

— cartela 21, precede grupul de cartele completate cu forțele concentrate situate la dreapta intervalului (kg).

Set de cartele ce cuprind forțele concentrate situate la dreapta intervalului (kg).

Numărul de cartele din set:

NI—1.

B. PROGRAMUL FASCICUL

Pentru programul de calcul mecanic al conductoarelor fasciculare, datele inițiale se vor completa în conformitate cu indicațiile care urmează.

Pe o cartelă de date se pot utiliza toate cele 80 de coloane pe care aceasta le conține. Fiecare linie a unui formular FORTRAN reprezintă o cartelă.

Pe cartelă, respectiv linia corespunzătoare din formular, se trec numai valorile numerice (nu simboluri alfabetice sau alfanumerice).

Iată cum arată datele inițiale în programul de față:

Se introduc în ordine strictă următoarele :

— linia 1. NVAR=numărul total de variante;

A5 = 0 sau 1 ; indicatorul zero arată că programele CONFLEX și FASCICUL funcționează împreună ;

A5 = 1 ; arată că programul FASCICUL lucrează independent.

Aceste date se completează o singură dată, deoarece ele sînt independente de variantă. Toate celelalte linii se completează pentru fiecare variantă în parte.

— linia 2. Dacă A5 = 1, se completează în ordine :

HM = H minim, kg;

S = secțiunea fasciculului, mm²;

E = modulul de elasticitate, kg/mm²;

a′ = distanța normală între conductoarele fasciculare, m;

I_d = curentul admisibil de durată al fasciculului, kA;

I''_k = valoarea efectivă inițială a componentei alternative a curentului de scurtcircuit, kA;

A4 = 0 indică metoda lui λ mediu, A4=1 indică a doua metodă;

NST= numărul de stări pentru care se efectuează calculul în varianta luată în considerare.

— linia 3. SI = stările pentru care se efectuează calculul în varianta respectivă;

H = valorile eforturilor de tracțiune în ordinea corespunzătoare a stărilor enunțate ;

DI = diametrele fasciculelor, în ordinea enunțată de stările care le corespund, m.

Dacă indicativul A5=0, se completează linia 1 și linia 2 numai cu: $a'=I_d$, I_k'', A4 (deoarece $H_{min.}$, S și E există în CONFLEX).

Liniile 3 și 4 nu se mai completează, deoarece programul CONFLEX conține deja aceste informații.

Se vor completa liniile 5 și 6 după cum urmează:

— linia 5. Dacă indicativul A4=0, pe această linie se va trece o singură valoare, și anume λ_{mediu}.

Dacă indicatorul A4=1, se va trece numărul de valori NL cuprinse în șirul λ; în continuare se trec valorile așa cum se vede în machetă. Dacă aceste valori depășesc capacitatea unei cartele, se va trece pe următoarea.

— linia 6. Pentru această din urmă metodă se introduce o valoare dată pentru:

$$\lambda_{maxim} = \lambda M$$

Note explicative:

Caracterul δ se va înlocui cu semnul plus sau minus al datei numerice respective. (Semnul plus poate să lipsească; în acest caz se va lăsa blanc).

Cu hașură s-a scos în evidență zona care urmează după punctul zecimal. Prin convenție, virgula zecimală se înlocuiește pentru calculator cu punct zecimal. Se vor respecta întocmai formatele indicate pe acest formular, deoarece orice blanc în plus sau suprimat din neatenție duce la citirea eronată a datelor inițiale.

PROGRAMATOR:	ASN	FOAIE DE PROGRAM FORTRAN	TELEFON 274-281

Etichetă		Instrucţiuni Fortran	Secvenţa:
NVAR	A5		
AN	.	S . E . AN AI PI . A4 NST	
ST(I)		H(I) . DT(I)	
AL .			
NL		BAL(K) .	
BAL(K .			
ALMA			

Anexa 6

Calculul tensiunii de efect corona. Exemplu de calcul

1. Tensiunea critică de efect corona pe timp frumos este acea valoare a tensiunii de funcţionare a instalaţiei la care valoarea cîmpului electric la suprafaţa conductoarelor este:

$$E_{cr} \cong 20\ m\delta\ \text{(kV/cm, valoare eficace)}$$

unde:

m este un coeficient referitor la starea suprafeţei conductorului (pentru conductoare funie m=0,82, iar pentru suprafeţe netede m=1);

δ — densitatea relativă a aerului care se determină conform exemplului de calcul I.

2. Valoarea reală a cîmpului electric E la suprafaţa conductoarelor nu trebuie să depăşească valoarea critică E_{cr} determinată cu relaţia de mai sus.

3. Determinarea valorii reale E a cîmpului electric se poate face cu una dintre metodele expuse în continuare.

A. METODA GENERALĂ

1. Fie un sistem de n conductoare 1, 2, 3 ... n orizontale şi paralele, alimentate de un sistem trifazat de tensiuni:

$$U_R = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \sin \omega t$$

$$U_S = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \sin\left(\omega_t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$U_T = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \sin\left(\omega_t - \frac{4\pi}{3}\right)$$

unde U_R, U_S şi U_T sînt tensiunile pe fază în raport cu pămîntul, iar U_m este tensiunea maximă de funcţionare a reţelei, între faze (valoarea eficace).

Fiecare conductor este alimentat de una din cele trei tensiuni sau este legat la pămînt (cazul conductoarelor de gardă).

Se presupune că distanţele dintre conductoare sînt relativ mari în raport cu diametrele lor.

Valoarea cîmpului electric E la suprafața unui conductor activ oarecare p este:

$$E_p = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \frac{C_{fp}}{2\pi\varepsilon} \frac{1}{r_p} \text{ (kV/cm, valoare eficace)}$$

unde:

U_m este tensiunea maximă de funcționare a rețelei, între faze (kV, valoare eficace);

C_{fp} — capacitatea de funcționare a conductorului p în raport cu celelalte conductoare și cu pămîntul (F/km);

r_p — raza conductorului, (cm);

ε — constanta dielectrică a aerului, (F/km).

Capacitatea de funcționare C_{fp} are valoarea:

$$C_{fp} = 2\pi\varepsilon \cdot B_p \text{(F/km)}$$

unde B_p este un coeficient care depinde de elementele geometrice ale instalației.

Deci valoarea cîmpului electric are expresia simplificată:

$$E_p = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{B_p}{r_p} \text{ (kV/km, valoare eficace)}$$

Coeficientul B_p se calculează astfel:

$$B_p = \sqrt{K_p^2 + 3\ (K_p^2 + K_p''^2 + K_p K_p'' + K_p' K_p'')}$$

unde:

K_p este un coeficient care depinde de capacitatea parțială a conductorului p în raport cu pămîntul și cu celelalte conductoare legate la pămînt (conductoare de gardă);

K_p' — un coeficient care depinde de capacitatea parțială a conductorului p în raport cu conductoarele alimentate de tensiunea fazei a doua în ordinea de succesiune (în raport cu faza conductorului p);

K_p'' — un coeficient care depinde de capacitatea parțială a conductorului p în raport cu conductoarele alimentate de tensiunea fazei a treia în ordinea de succesiune (în raport cu faza conductorului p).

Coeficienții K_p, K_p' și K_p'' au valoarea:

$$K_p = \frac{1}{D}\left(\sum_{i=1}^{n} A_{pi} - \sum_{i=1}^{m} A_{pi}\right)$$

$$K_p' = -\frac{1}{D}\sum_{i=k}^{p} A_{pi}$$

$$K_p'' = -\sum_{i=r}^{s} A_{pi}$$

În expresia sumelor de mai sus, numerele 1...m sînt ale conductoarelor legate la pămînt, numerele k...p sînt ale conductoarelor alimentate de tensiunea fazei a doua în ordinea de succesiune, iar numerele r...s ale conductoarelor alimentate de tensiunea fazei a treia în ordinea de succesiune (în raport cu faza conductorului p).

$$D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \ldots & a_{2n} \\ \cdot & & \\ \cdot & & \\ \cdot & & \\ a_{n1} & a_{n2} \ldots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

Mărimile A_{pi} sînt minorii determinantului D în raport cu elementele a_{pi} corespunzătoare. Se va ține seama de semnul minorilor. Se va observa de asemenea că $A_{ik} = A_{ki}$.

Valorile coeficienților de potențial α:

— Pentru coeficienții α cu ambii indici egali:

$$a_{ii} = \ln \frac{2\, h_i}{r_i} = 2{,}3\ \log_{10} \frac{2\, h_i}{r_i}$$

— Pentru coeficienții α cu indici diferiți:

$$a_{ik} = \ln \sqrt{\frac{4\, h_i\, h_k}{a_{ik}^2} + 1} = 2{,}3\ \log_{10} \sqrt{\frac{4\, h_i\, h_k}{a_{ik}^2} + 1}$$

unde:

h_i este înălțimea față de sol a conductorului i, cm;

r_i — raza conductorului i, cm;

a_{ik} — distanța dintre conductoarele i și k, cm.

Se va observa că determinantul D este simetric în raport cu diagonala principală.

Coeficientul K_p calculat mai sus trebuie mărit cu circa 5...10%, pentru a ţine seama de efectul cadrelor, aparatelor şi al altor elemente din apropiere legate la pămînt.

2. În cazul unui conductor fasciculat compus din n conductoare aşezate în vîrfurile unui poligon regulat (fig. 1) relaţiile de mai sus rămîn valabile în principiu, cu modificările arătate mai jos.

Cîmpul electric are valoarea:

$$E_p = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \frac{C_{fp}}{2\pi \varepsilon n} \left[\frac{1}{r_0} + \frac{(n-1)\sin\frac{\pi}{n}}{a'} \right] =$$

$$= \frac{U_m}{\sqrt{3}} \frac{B_p}{n} \left[\frac{1}{r_0} + \frac{(n-1)\sin\frac{\pi}{n}}{a'} \right] \text{(kV/cm, valoare eficace)}$$

unde :

n este numărul conductoarelor fasciculului ;

r_0 — raza conductoarelor din care este format fasciculul, cm ;

a' — distanţa dintre două conductoare alăturate (fig. 1) ale fasciculului, cm.

Coeficienţii de potenţial cu ambii indici egali au valoarea :

$$a_{ii} = \ln \frac{2\,h_i}{R_i'} = 2{,}3 \log_{10} \frac{2\,h_i}{R_i'}$$

unde :

R este raza echivalentă a fasciculului de conductoare i, cm.

$$R_i' = R_i \sqrt[n]{\frac{nr_0}{R_i}} \text{(cm)}$$

R_i = raza reală (fig. 1) a fasciculului de conductoare i, cm.

Coeficienţii de potenţial α_{ik} cu indici diferiţi au valoarea arătată anterior.

3. Metoda generală expusă mai sus permite calcularea exactă a efectului corona în cazul unui număr mai mare de conductoare, de exemplu în cazul conductoarelor unei celule, ţinîndu-se seama şi de efectul conductoarelor din celulele alăturate. Nu se va lua în considerare efectul conductoarelor prea îndepărtate. Calculele se vor efectua cel puţin pentru faza din mijloc, care este în general mai solicitată la efectul corona.

B. METODA SIMPLIFICATĂ

1. În cazul unui sistem trifazat compus din trei conductoare, neglijîndu-se influența conductoarelor din celulele vecine, se obțin relații de calcul mai simple. În acest scop se adoptă valori medii pentru coeficienții de potențial x :

$$a_1 = \frac{1}{3}(a_{11}+a_{12}+a_{13}) = \ln\frac{2h}{r} = 2{,}3\log_{10}\frac{2h}{r}$$

$$a_2 = \frac{1}{3}(a_{12}+a_{13}+a_{23})$$

unde :

$h = \sqrt[3]{h_1 \cdot h_2 \cdot h_3}$ (media geometrică a înălțimilor conductoarelor față de sol, cm) ;

r — raza conductorului, cm ;

Coeficienții a_{12}, a_{13} și a_{23} au valorile indicate anterior pentru metoda generală.

Capacitatea de funcționare și coeficientul B :

$$C_f = \frac{2\pi\varepsilon}{\alpha_1 - \alpha_2} \quad \text{(F/km)}$$

$$B = \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2}$$

Valoarea C_f sau B astfel determinată trebuie mărită cu 2—5% pentru a ține seama de efectul cadrelor, aparatelor sau al altor elemente din apropiere legate la pămînt.

Cîmpul electric la suprafața conductorului :

$$E = \frac{U_m}{\sqrt{3}}\,\frac{C_f}{2\pi\varepsilon}\,\frac{1}{r} = \frac{U_m}{\sqrt{3}}\,\frac{B}{r} \quad \text{(kV/cm, valoare eficace)}$$

2. Metoda poate fi simplificată și mai mult, prin neglijarea influenței pămîntului. Această ipoteză este aplicabilă de exemplu în cazul conductoarelor suspendate de cadre, cînd distanțele față de sol sînt mari în comparație cu distanțele dintre conductoare.

Se adoptă de asemenea valori medii pentru coeficienții de potențial α.

Capacitatea de funcţionare şi coeficientul B :

$$C_f = \frac{2\pi\varepsilon}{\ln \frac{a}{r}} = \frac{2\pi\varepsilon}{2{,}3 \log_{10} \frac{a}{r}} \quad \text{(F/km)}$$

$$B = \frac{1}{\ln \frac{a}{r}} = \frac{2}{2{,}3 \log_{10} \frac{a}{r}}$$

unde :

$a = \sqrt[3]{a_{12}a_{13}a_{23}}$ (media geometrică a distanţelor dintre conductoare, cm) ;

r — raza conductorului, cm.

Valoarea C_f sau B astfel determinată trebuie mărită cu 2—5% pentru a ţine seama de efectul cadrelor, aparatelor sau al altor elemente din apropiere legate la pămînt.

Cîmpul electric la suprafaţa conductorului :

$$E = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \frac{C_f}{2\pi\varepsilon} \frac{1}{r} = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \frac{B}{r} \quad \text{(kV/cm, valoare eficace)}$$

◆ 3. În cazul conductoarelor fasciculate, raza r care intervine la calcularea coeficientului de potenţial x_1 sau a mărimilor C_f şi B se înlocuieşte cu raza echivalentă R′ a fasciculului:

$$R' = R \sqrt[n]{\frac{nr_0}{R}} \quad \text{(cm)}$$

unde :

R este raza reală a fasciculului de conductoare conform figurii 1, cm ;

r_0 — raza unui conductor al fasciculului, cm ;

n — numărul de conductoare ale fasciculului.

Cîmpul electric la suprafaţa conductoarelor :

$$E = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \frac{C_f}{2\pi\varepsilon n} \left[\frac{1}{r_0} + \frac{(n-1)\sin\frac{\pi}{n}}{a'} \right] =$$

$$= \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{B}{n} \left[\frac{1}{r_0} + \frac{(n-1)\sin\frac{\pi}{n}}{a'} \right] \quad \text{(kV/cm, valoare eficace)}$$

unde n, r_0 şi a′ au semnificaţiile arătate anterior.

Exemplu de calcul I

1. Se consideră conductoarele de legătură între aparate într-o celulă de 220 kV. Se folosesc conductoare simple OL-Al 450/75 mm^2. Din cauza înălțimii reduse deasupra solului, se ține seama de efectul acestuia. Se neglijează însă influența conductoarelor din celulele învecinate.

Conductoarele se găsesc în același plan orizontal. Datele necesare sînt următoarele :

Numerotarea conductoarelor : faza R — 1
faza S — 2
faza T — 3

Distanțele dintre conductoare :

$$a_{12}=a_{23}=a_{21}=a_{32}=4 \text{ m}$$

$$a_{13}=a_{31}=8 \text{ m}$$

Înălțimea față de sol :

$$h_1=h_2=h_3=h=4 \text{ m}$$

Raza conductorului : r=1,46 cm.
Altitudinea instalației : 500 m.
Temperatura maximă a aerului : $\theta_a=+40°C$.

2. Cîmpul electric admisibil la suprafața conductorului.

Presiunea barometrică :

$$b=71{,}5 \text{ cm col. Hg.}$$

Densitatea relativă a aerului :

$$\delta=\frac{3{,}92\ b}{273+\theta_a}=\frac{3{,}92\times 71{,}5}{273+40}=0{,}895$$

Coeficientul referitor la starea suprafeței conductorului :

$$m=0{,}82$$

Cîmpul electric admisibil :

$$E_{cr}=20\ m\delta=20\times 0{,}82\times 0{,}895=14{,}7 \text{ kV/cm}$$

3. Cîmpul real la suprafața conductorului (metoda generală).

Coeficienţii de potenţial :

$$\alpha_{11}=\alpha_{22}=\alpha_{23}=2{,}3\ \log_{10}\frac{2\ h}{r}=2{,}3\ \log_{10}\frac{2\times400}{1{,}46}=6{,}3$$

$$\alpha_{12}=\alpha_{23}=\alpha_{21}=\alpha_{32}=2{,}3\ \log_{10}\sqrt{\frac{4\ h^2}{a_{12}^2}+1}=$$

$$=2{,}3\ \log_{10}\sqrt{\frac{4\times400^2}{400^2}+1}=0{,}805$$

$$\alpha_{13}=\alpha_{31}=2{,}3\ \log_{10}\sqrt{\frac{4\ h^2}{a_{13}^2}+1}=$$

$$=2{,}3\ \log_{10}\sqrt{\frac{4\times400^2}{800^2}+1}=0{,}345.$$

Valorile determinanţilor :

$$D=\begin{vmatrix}\alpha_{11}\alpha_{12}\alpha_{13}\\ \alpha_{21}\alpha_{22}\alpha_{23}\\ \alpha_{31}\alpha_{32}\alpha_{33}\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}6{,}3 & 0{,}805 & 0{,}345\\ 0{,}805 & 6{,}3 & 0{,}805\\ 0{,}345 & 0{,}805 & 6{,}3\end{vmatrix}=249$$

$$A_{11}=\begin{vmatrix}\alpha_{22}\alpha_{23}\\ \alpha_{32}\alpha_{33}\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}6{,}3 & 0{,}805\\ 0{,}805 & 6{,}3\end{vmatrix}=39$$

$$A_{12}=A_{21}=-\begin{vmatrix}\alpha_{21}\alpha_{23}\\ \alpha_{31}\alpha_{33}\end{vmatrix}=-\begin{vmatrix}0{,}805 & 0{,}805\\ 0{,}345 & 6{,}3\end{vmatrix}=-4{,}79$$

$$A_{13}=\begin{vmatrix}\alpha_{21}\alpha_{22}\\ \alpha_{31}\alpha_{32}\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}0{,}805 & 6{,}3\\ 0{,}345 & 0{,}805\end{vmatrix}=1{,}52$$

$$A_{22}=\begin{vmatrix}\alpha_{11}\alpha_{13}\\ \alpha_{31}\alpha_{33}\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}6{,}3 & 0{,}345\\ 0{,}345 & 6{,}3\end{vmatrix}=39{,}7$$

$$A_{23}=-\begin{vmatrix}\alpha_{11}\alpha_{12}\\ \alpha_{31}\alpha_{32}\end{vmatrix}=-\begin{vmatrix}6{,}3 & 0{,}805\\ 0{,}345 & 0{,}805\end{vmatrix}=-4{,}79$$

Coeficienţii K pentru conductorul 1:

$$K_1 = \frac{1}{D}(A_{11} + A_{12} + A_{13}) = \frac{1}{249}(39—4,79+1,52) = 0,144$$

$$K_1' = —\frac{1}{D} A_{12} = \frac{1}{249} \times 4,79 = 0,0192$$

$$K_1'' = —\frac{1}{D} A_{13} = —\frac{1}{249} \times 1,52 = — 0,0061$$

Coeficientul K_1 trebuie mărit cu circa 5%:

$$K_1 = 1,05 \times 0,144 = 0,151$$

Coeficienţii K pentru conductorul 2:

$$K_2 = \frac{1}{D}(A_{21} + A_{22} + A_{23}) = \frac{1}{249}(—4,79 + 39,7 — 4,79) = 0,121$$

$$K_2' = —\frac{1}{D} A_{23} = \frac{1}{249} \times 4,79 = 0,0192$$

$$K_2'' = —\frac{1}{D} A_{21} = \frac{1}{249} \times 4,79 = 0,0192$$

Coeficientul K_2 trebuie mărit cu circa 5%:

$$K_2 = 1,05 \times 0,121 = 0,127$$

Coeficientul B pentru conductorul 1 (faza R):

$$B_1 = \sqrt{K_1^2 + 3(K_1'^2 + K_1''^2 + K_1 K_1' + K_1 K_1'' + K_1' K_1'')} =$$

$$= \sqrt{0,151^2 + 3(0,0192^2 + 0,0061^2 + 0,151 \times 0,0192 — 0,151 \times 0,0061 — 0,0192 \times 0,0061)} =$$

$$= 0,172$$

Coeficientul B pentru conductorul 2 (faza S):

$$B_2 = \sqrt{K_2^2 + 3(K_2'^2 + K_2''^2 + K_2 K_2' + K_2 K_2'' + K_2' K_2'')} =$$

$$= \sqrt{0,127^2 + 3(0,0192^2 + 0,0192^2 + 0,127 \times 0,0192 + 0,127 \times 0,0192 + 0,0192 \times 0,0192)} =$$

$$= 0,185$$

Cîmpul electric la suprafața conductoarelor :

$$E_1=\frac{U_m}{\sqrt{3}}\cdot\frac{B_1}{r}=\frac{245}{\sqrt{3}}\cdot\frac{0,172}{1,46}=16,7\ \text{kV/cm}$$

$$E_2=\frac{U_m}{\sqrt{3}}\cdot\frac{B_2}{r}=\frac{245}{\sqrt{3}}\cdot\frac{0,185}{1,46}=17,9\ \text{kV/cm}$$

Se constată că diametrul conductorului este prea mic.

4. Utilizînd metoda simplificată, se obține :

$$\alpha_1=2,3\log_{10}\frac{2\,h}{r}=2,3\log_{10}\frac{2\times400}{1,45}=6,3$$

$$\alpha_2=\frac{1}{3}(\alpha_{12}+\alpha_{13}+\alpha_{23})=\frac{1}{3}(0,805+0,345+0,805)=0,651$$

Coeficienții α_{12}, α_{13} și α_{23} au fost calculați la pct. 3 precedent.

Coeficientul B :

$$B=\frac{1}{\alpha_1-\alpha_2}=\frac{1}{6,3-0,651}=0,177$$

Valoarea determinată trebuie mărită cu circa 5% :

$$B=1,05\times0,177=0,186$$

Cîmpul electric la suprafața conductorului :

$$E=\frac{U_m}{\sqrt{3}}\cdot\frac{B}{r}=\frac{245}{\sqrt{3}}\,\frac{0,186}{1,46}=18\ \text{kV/cm}$$

Se constată că rezultatul este suficient de exact :

5. Neglijind influența pămîntului rezultă :

$$a=\sqrt[3]{a_{12}a_{13}a_{23}}=\sqrt[3]{400\times800\times400}=503\ \text{cm}$$

$$B=\frac{1}{2,3\log_{10}\frac{a}{r}}=\frac{1}{2,3\log_{10}\frac{503}{1,46}}=0,171$$

Valoarea determinată trebuie mărită cu circa 5% :

$$B=1,05\cdot0,171=0,180$$

$$E=\frac{U_m}{\sqrt{3}}\cdot\frac{B}{r}=\frac{245}{\sqrt{3}}\cdot\frac{0,180}{1,46}=17,4\ \text{kV/cm}$$

Rezultatul este prea mic pentru conductorul din mijloc, dar diferența este redusă. Influența pămîntului se resimte în special la conductoarele situate la mică înălțime în raport cu distanțele dintre ele.

Exemplu de calcul II

1. Se consideră un sistem de bare colectoare de 220 kV.

Se folosesc conductoare duble de OL-Al 300/50 mm^2 (n=2).

Conductoarele se găsesc în același plan orizontal. Datele necesare sînt următoarele : faza R — 1
faza S — 2
faza T — 3

Distanța dintre faze :

$$a_{12}=a_{23}=4,25 \text{ m}$$

$$a_{13}=8,50 \text{ m}$$

Înălțimea față de sol : h=11,5 m.
Distanța între conductoarele fasciculului : a′=20 cm.
Raza conductoarelor : r_c =1,21 cm.
Altitudinea instalației : 500 m.
Temperatura maximă a aerului : θ_a = +40°C.

2. Cîmpul electric admisibil la suprafața conductorului are valoarea calculată la exemplu 1 :

$$E_{cr}=14,7 \text{ kV/cm}$$

3. Cîmpul real la suprafața conductorului, calculat cu metoda simplificată, ținîndu-se seama de influența solului.

Raza echivalentă a fasciculului :

$$R'=R\sqrt{\frac{2\,r_0}{R}}=10\sqrt{\frac{2\times1,21}{10}}=4,9 \text{ cm}$$

Coeficienții de potențial :

$$\alpha_1=2,3\log_{10}\frac{2\,h}{R'}=2,3\log_{10}\frac{2\times1\,150}{4,9}=5,15$$

$$\alpha_{12}=\alpha_{23}=2,3\log_{10}\sqrt{\frac{4\,h^2}{a_{12}^2}+1}=2,3\log_{10}\sqrt{\frac{4\times1\,150^2}{425^2}+1}=1,7$$

$$\alpha_{13}=2,3\log_{10}\sqrt{\frac{4\,h^2}{a_{13}^2}+1}=2,3\log_{10}\sqrt{\frac{4\times1\,150^2}{850^2}+1}=1,06$$

$$\alpha_2=\frac{1}{3}\,(\alpha_{12}+\alpha_{13}+\alpha_{23})=\frac{1}{3}\,(1,7+1,06+1,7)=1,49$$

Coeficientul B :

$$B=\frac{1}{\alpha_1-\alpha_2}=\frac{1}{6,15-1,49}=0,214$$

Valoarea de mai sus trebuie mărită cu circa 3% :

$$B=1,03\times0,214=0,22$$

Cîmpul electric la suprafaţa conductorului :

$$E=\frac{U_m}{\sqrt{3}}\cdot\frac{B}{n}\left|\frac{1}{r_0}+\frac{(n-1)\sin\frac{\pi}{n}}{a'}\right|=$$

$$=\frac{245}{\sqrt{3}}\cdot\frac{0,22}{2}\left[\frac{1}{1,21}+\frac{(2-1)\sin\frac{\pi}{2}}{20}\right]=13,6\ \text{kV}$$

4. Cîmpul real la suprafaţa conductorului, calculat cu metoda simplificată fără a ţine seama de influenţa solului.

$$a=\sqrt[3]{a_{12}a_{13}a_{23}}=\sqrt[3]{425\times830\times425}=535\ \text{cm}$$

$R'=4,9$ cm (valoare calculată mai sus)

$$B=\frac{1}{2,3\log_{10}\frac{a}{R'}}=\frac{1}{2,3\log_{10}\frac{535}{4,9}}=0,214$$

Valoarea de mai sus trebuie mărită cu circa 3% :

$$B=1,03\times0,214=0,22$$

Cîmpul electric la suprafaţa conductorului are valoarea găsită mai sus :

$$E=13,6\ \text{kV/cm}$$

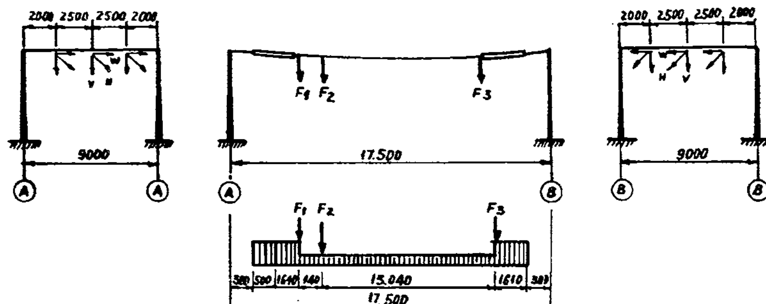
Se constată că în acest caz influenţa solului este neglijabilă.

Anexa 7

Exemplu de calcul mecanic

Programele de calcul prezentate mai sus uşurează considerabil calculele de eforturi şi săgeţi.

În cele ce urmează este prezentat un exemplu de calcul pentru aflarea eforturilor şi săgeţilor într-o celulă de linie.



FORTE CONCENTRATE	ELEMENTELE DERIVATIEI	METRI LINIARI	BUCATI	FORTE CONCETRATE – SARCINI DE CALCUL (daN) – ZONA II: F	Fch	P	Pch	Psc 6GVA	INCARCARI (daN): SIMBOL	STAREA I	II	III	IV	V
F_1	Cleme tractiune prin presare TP-450	–	1	8,01	10,73	3,04	1,06	1,06	Sk = 6 GVA					
	TOTAL			8,01	10,73	3,04	1,06	1,06	ZONA II					
F_2	Clemă de derivatie aeriana CDA-450	–	1	2,52	3,32	1,04	0,33	0,33	H_{AB}	306	303	392	291	414
	Clemă de legătură electrică CLE-450	–	1	6,31	7,72	1,48	0,44	0,44	V_A	165	165	208	165	208
	Conductor OLAL-450	7,5	–	13,72	18,52	5,47	2,62	2,62	V_B	160	160	197	160	197
	TOTAL			22,55	29,56	7,99	3,39	3,39	W_A	–	40	14	–	53
F_3	Clemă tractiune prin presare TP-450	–	1	8,01	10,73	3,04	1,06	1,06	W_B	–	38	14	–	55
	Conductor OLAL 450	7	–	12,81	17,29	5,11	2,45	2,45						
	TOTAL		–	20,82	28,02	8,15	3,51	3,51						
SARCINI UNIFORM DISTRIBUITE (daN/m)														
I	Conductor OLAL 1x450 mm²			1,83	3,12	1,46	0,10	6,78						
II	Lant dublu de izolatoare LS 85/21 mobil kV			72,61	87,75	11,54	3,04							
III	Tendon			23,60	27,01	3,87	1,56							

Celulă de 110 kV. Sarcini şi încărcări de calcul.

PROGRAMATOR: | ASN | FOAIE DE PROGRAM FORTRAN

Etichetă | Instrucţiuni Fortran | Secvenţă

```
         1.83     1.83     3.12     1.46      .7      6.78
        72.61    72.61    87.75    11.54     3.04     3.04
         23.6     23.6    27.01     3.87     1.56     1.56
21
           .0       .0       .0       .0       .0       .0
         8.01     8.01    10.73     3.04     1.06     1.06
        22.55       .0    29.56     7.99     3.39     3.39
        20.82    20.82    28.02     8.15     3.51     3.51
.EØF
```

PROGRAMATOR:	ASN	FOAIE DE PROGRAM FORTRAN	
Etichetă		Instrucțiuni Fortran	Secvență.
01		STATIA 110 KV	
02		DESCHIDEREA 19 ZØNA 2	
03.		TIPUL CØNDUCTØRULUI ØLAL 450	
04	1	9 6 4 3 5 6 1	
05		16.9 3.72 520.6 768 3. .0 .94 .84 .00 0	0.185
06		.0 .0	
07		.5 2.11 2.25 15.29	
09		1 2 1 3 1 3	
10		0 0 4 5 0 6	
11		-30. -20. -5. -5. 70. -5.	
13		3.9 .0 4.8 4.8 7.4 10.3	
15		.5 1.61 .14 13.04 1.61	
16		.	
17		1 1 0 0 1	
18		2 2 0 0 2	
19		3 2 1 1 2	
20			

R E Z U L T A T E

1. Valori generale

Lungimea totală a deschiderii 16.90 zona II

Constanta de elasticitate 00

2. Valori caracteristice fiecărei stări

Mărimea calculată		Starea 1	Starea 2	Starea 3	Starea 4	Starea 5
Comp. efort A-B	H	305·72	303·41	391·86	290·96	414·37
Comp. vert. A	VA	—165·31	—165·31	—208·04	—165·31	—208·04
Comp. vert. B	VB	155·79	155·79	197·45	155·79	197·45
Comp. oriz. A	WA	·00	39·64	—14·20	·00	53·08
Comp. oriz. B	WB	·00	37·88	13·56	·00	54·81
Efort total A	TA	347·55	347·79	443·89	334·64	466·69
Efort total B	TB	343·12	343·17	439·00	330·04	462·27
Rezis. în cond.	Sigma	66·76	66·81	85·26	64·28	89·64
Săgeata vert.	FV	·80	·80	·84	·84	·79
Săgeata oriz.	FO	·00	·08	·03	·00	·53
Lim. sup. er. rel.	RO	72·12	17·43	16·40	19·25	14·42
Ordonata pct. 1	y (1)	—·26	—·26	—·26	—·27	—·24
Ordonata pct. 2	y (2)	—·76	—·76	—·76	—·80	—·72
Ordonata pct. 3	y (3)	—·77	—·78	—·78	—·81	—·74
Ordonata pct. 4	y (4)	—·50	—·51	—·52	—·53	—·49

3. Valori pentru dimensionarea construcţiilor de susţinere

Comp. efort A-B	HP	305·72	303·41	391·86	290·96	414·37
Comp. vert. A	VAP	165·31	165·31	208·04	165·31	208·04
Comp. vert. B	VBP	155·79	155·79	197·45	155·79	197·45
Comp. oriz. A	WAP	·00	39·64	14·20	·00	54·81
Comp. oriz. B	WBP	·00	37·88	13·56	·00	53·08

4. Valori necesare pentru montare

Temperat	H. Montaj	TA Montaj	TB Montaj	Săgeţi
—20·00	268·42	305·45	308·86	·79
—10·00	267·05	304·24	307·67	·79
·00	285·70	303·06	306·50	·80
—10·00	264·37	301·89	305·34	·80
20·00	263·06	300·74	304·21	·81
30·00	261·17	299·62	303·09	·81
40·00	260·49	298·50	302·00	·81

Dată fiind complexitatea calculelor se recomandă utilizarea maşinilor electronice.

Calculul verifică rezultatele prezentate anterior.

Date necesare pentru proiectare :

— Destinaţia conductorului : celula de linie.
— Tensiunea nominală : 110 kV.
— Date de scurtcircuit : 6 000 MVA.
— Conductorul folosit : OL—AL 450 mm^2.
— Elementele geometrice ale deschiderii.
— Lungimea totală a deschiderii între axele cadrelor : 17,5 m.
— Lungimea deschiderii între ochiurile cîrligelor de tracţiune — 16,9 m.
— Lungimea lanţurilor de izolatoare : 1,61 m.
— Lungimea tendonului : 0,5 m.
— Lungimea intervalelor :

$L_1=2{,}11$ m; $L_3=13{,}04$ m;

$L_2=0{,}14$ m; $L_4=1{,}61$ m.

— Condiţii meteorologice.

Calculul mecanic

Conform datelor necesare pentru protecţie, se adoptă condiţiile meteorologice-limită din PE 101.

Amplasamentul corespunde zonei meteorologice II.
Temperatura aerului (minimă): —30°C.
Grosimea stratului de chiciură: 1,3 cm.

Greutatea specifică a chiciurii : $\gamma_c = 0{,}75 \frac{kgf}{dm^3}$.

Viteza vîntului (maximă) : $V_{max.} = 27$ m/s.

Viteza vîntului cînd există chiciură: $V_{max.} = 20$ m/s.

Elementele geometrice ale deschiderilor sînt precizate în cadrul datelor de proiectare.

— Sarcinile se consideră în conformitate cu prevederile STAS 3000-69 şi condiţiile meteorologice ale zonei II.

Calcule fără utilizarea maşinii de calculat

Calculul coeficienţilor de influenţă

$$b_1 = \frac{1}{L}\left(\frac{L_1}{2} + L_2 + L_3 + L_4\right) = \frac{1}{16,9}\left(\frac{2,11}{2} + 0,14 + 13,04 + 1,61\right) = 0,94$$

$$b_2 = \frac{1}{L}\left(\frac{L_2}{2} + L_3 + L_4\right) = \frac{1}{16,9}\left(\frac{0,14}{2} + 13,04 + 1,61\right) = 0,87$$

$$b_3 = \frac{1}{L}\left(\frac{L_3}{2} + L_4\right) = \frac{1}{16,9}\left(\frac{13,04}{2} + 1,61\right) = 0,43$$

$$b_4 = \frac{1}{L} \cdot \frac{L_4}{2} = \frac{1}{16,9} \cdot \frac{1,61}{2} = 0,047$$

$$c_1 = \frac{1}{L}(L_2 + L_3 + L_4) = \frac{1}{16,9}(0,14 + 13,04 + 1,61) = 0,875$$

$$c_2 = \frac{1}{L}(L_3 + L_4) = \frac{1}{16,9}(13,04 + 1,61) = 0,865$$

$$c_3 = \frac{1}{L} L_4 = \frac{1}{16,9}(1,61) \cong 0,1$$

Sarcinile intervalelor

— *În plan vertical*

— Stările I, II şi IV

$G_1 = 72,61 \times 1,61 + 23,6 \times 0,5 = 128,8$ kg

$G_2 = 1,85 \times 0,14 = 0,256$ kg

$G_3 = 1,83 \times 13,04 = 25$ kg

$G_4 = 72,61 \times 1,61 = 117$ kg

— Stările III şi V

$G_{c_1} = gc_1 L_1 = 87,75 \cdot 1,61 + 27,01 \cdot 0,5 = 154,5$ kg

$G_{c_2} = gc_2 L_2 = 3,12 \cdot 0,14 = 0,43$ kg

$G_{c_3} = gc_3 L_3 = 3,12 \cdot 13,04 \cong 41$ kg

$G_{c_4} = gc_4 L_4 = 87,75 \cdot 1,61 = 141$ kg

— *În plan orizontal*

— Starea II

$G'_1 = p_1L_1 = 11{,}54 \cdot 1{,}61 + 3{,}87 \cdot 0{,}5 = 20{,}28$ kg

$G'_2 = p_2L_2 = 1{,}46 \times 0{,}14 = 0{,}205$ kg

$G'_3 = p_3L_3 = 1{,}46 \times 13{,}04 = 1{,}9$ kg

$G'_4 = p_4L_4 = 11{,}54 \times 1{,}61 = 18{,}6$ kg

— Starea III

$G'_{c_1} = pc_1L_1 = 3{,}04 \cdot 1{,}61 + 1{,}56 \cdot 0{,}5 = 5{,}68$ kg

$G'_{c_2} = pc_2L_2 = 0{,}7 \cdot 0{,}14 = 0{,}1$ kg

$G'_{c_3} = pc_3L_3 = 0{,}7 \cdot 13{,}04 = 9{,}1$ kg

$G'_{c_4} = pc_4L_4 = 3{,}04 \cdot 1{,}61 = 4{,}9$ kg

— Starea V

$G'_{sc_1} = 5{,}68$ kg (ca la starea III)

$G'_{sc_2} = 6{,}78 \cdot 0{,}14 = 0{,}95$ kg

$G'_{sc_3} = 6{,}78 \cdot 13{,}04 = 88{,}5$ kg

$G'_{sc_4} = 4{,}9$ kg

Componentele verticale şi orizontale ale reacţiunilor la capete

1. *Componenta verticală*

a. Stările I, II, IV

$$V_A = -(b_1G_1 + b_2G_2 + b_3G_3 + b_4G_4) - (c_1F_1 + c_2F_2 + c_3F_3) = -(0{,}98 \times 128{,}8 + 0{,}87 \times 0{,}256 + 0{,}48 \times 25 + 0{,}047 \times 117) - (0{,}875 \times 8{,}01 + 0{,}865 \times 22{,}55 + 0{,}01 \times 20{,}82) = -(122 + 0{,}22 + 12 + 5{,}5) - (7 + 19{,}5 + 0{,}2)$$

$$V_A = -166{,}45 \text{ daN}$$

$$V_B = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + F_1 + F_2 + F_3 + V_A = 128{,}8 + 0{,}256 + 25 + 117 + 8{,}01 + 22{,}55 + 20{,}82 - 166{,}45$$

$$V_B = 156{,}9 \text{ daN}$$

b. Stările III și V

$$V_A = -(b_1G_{c_1} + b_2G_{c_2} + b_3G_{c_3} + b_4G_{c_4} (c_1F_1 + c_2F_2 + c_3F_3) =$$

$$= -(0,94 \times 154,5 + 0,87 \times 0,43 + 0,48 \times 41 + 0,047 \times 141) -$$

$$-(0,875 \times 10,73 + 0,865 \times 29,56 + 0,01 \times 28,02) - (145 +$$

$$+ 0,37 + 19,7 + 6,7) - (9,4 + 25,6 + 0,2) = -206,97 \text{ daN}$$

$$V_A = -206,97 \text{ daN}$$

$$V_B = G_{c_1} + G_{c_2} + G_{c_3} + G_{c_4} + F_{c_1} + F_{c_2} + F_{c_3} + V_A = 154,5 + 0,43 + 41 + 141 =$$

$$= 10,73 + 29,56 + 28,02 - 206,97 = 198,24 \text{ daN}$$

$$V_B = 198,24 \text{ daN}$$

2. *Componenta orizontală*

a. Starea II

$$W_A = -(b_1G'_1 + b_2G'_2 + b_3G'_3 + b_4G'_4) - (c_1P_1 + c_2P_2 + c_3P_3) =$$

$$= -(0,94 \times 20,28 + 0,87 \times 0,205 + 0,48 \times 19 + 0,047 \times 18,6) -$$

$$-(0,875 \times 3,04 + 0,865 \times 7,99 + 0,01 \times 8,15) = -38,73 \text{ daN}$$

$$W_B = -38,73 \text{ daN}$$

$$W_B = G'_1 + G'_2 + G'_3 + G'_4 + P_1 + P_2 + W_A = 20,28 + 0,205 +$$

$$+ 19 + 18,6 + 3,04 + 7,99 + 8,15 - 38,73$$

$$W_B = 38,53 \text{ daN}$$

b. Starea III

$$W_A = -(b_1G'_{c_1} + b_2G'_{c_2} + b_3G'_{c_3} + b_4G'_{c_4}) - (c_1P_1 + c_2P_2 + c_3P_3) =$$

$$= -(0,94 \times 5,68 + 0,87 \times 0,1 + 0,48 \times 9,1 + 0,047 \times 4,9) -$$

$$-(0,875 \times 1,06 + 0,865 \times 3,39 + 0,01 \times 3,51)$$

$$W_A = -13,89 \text{ daN}$$

$$W_B = 5,68 + 0,1 + 9,1 + 4,9 + 1,06 + 3,39 + 3,51 = 13,85$$

$$W_B = 13,85 \text{ daN}$$

c. Starea V

$$W_A = -(b_1G'_{sc_1} + b_2G'_{sc_2} + b_3G'_{sc_3} + b_4G'_{sc_4}) - (c_1P_{c_1} + c_2P_{c_2} + c_3P_{c_3})$$

$$W_A = -(0{,}94\times5{,}68 + 0{,}87\times0{,}95 + 0{,}48\times88{,}5 + 0{,}047\times4{,}9) -$$
$$-3{,}88 = -52{,}67 \text{ daN}$$

$$W_A = -52{,}67 \text{ daN}$$

$$W_B = 5{,}68 + 0{,}95 + 88{,}5 + 4{,}9 + 1{,}06 + 3{,}39 + 3{,}51 - 52{,}67 =$$
$$= 55{,}32 \text{ daN}$$

$$W_B = 55{,}32 \text{ daN}$$

Componente verticale şi orizontale la extremităţile intervalelor

a. Stările I, II, IV

$$V_{1s} = V_A = -166{,}45 \text{ kg}$$

$$V_{2s} = V_{1d} + F_1 = -37{,}65 + 8{,}01 = -29{,}64$$

$$V_{3s} = V_{2d} + F_2 = -29{,}39 + 22{,}55 = -5{,}84$$

$$V_{4s} = V_{3d} + F_3 = 19{,}16 + 20{,}82 = 39{,}98$$

$$V_{1d} = V_{1s} + G_1 = -166{,}45 + 128{,}8 = -37{,}65$$

$$V_{2d} = V_{2s} + G_2 = -29{,}64 + 0{,}256 = -29{,}39$$

$$V_{3d} = V_{3s} + G_3 = -5{,}84 + 25 = +19{,}16$$

$$V_{4d} = V_{4s} + G_4 = 39{,}98 + 117 = 156{,}98$$

Se verifică $V_{4d} = 156{,}98$ daN

b. Stările III şi V

$$V_{1s} = -206{,}97 = V_A$$

$$V_{2s} = V_{1d} + Fc_1 = -52{,}47 + 10{,}73 = -41{,}74$$

$$V_{3s} = V_{2d} + Fc_2 = -41{,}31 + 29{,}56 = -11{,}75$$

$$V_{4s} = V_{3d} + Fc_3 = 29{,}25 + 28{,}02 = 57{,}27$$

$$V_{1d} = V_{1s} + Gc_1 = -206{,}97 + 154{,}5 = -52{,}47$$

$$V_{2d} = V_{2s} + Gc_2 = -41{,}74 + 0{,}43 = -41{,}31$$

$$V_{3d} = V_{3s} + Gc_3 = -11{,}75 + 41 = 29{,}25$$

$$V_{4d} = V_{4s} + Gc_4 = 57{,}27 + 141 = 198{,}27$$

Se verifică $V_{4d} = 198$ daN

La fel se verifică componentele verticale pentru montare.

Componente orizontale

Starea II

$$W_{1s} = W_A = -38,73 \text{ daN}$$

$$W_{2s} = W_{1d} + P_1 = -18,45 + 3,04 = -15,41 \text{ daN}$$

$$W_{3s} = W_{2d} + P_2 = -15,20 + 7,99 = -7,21 \text{ daN}$$

$$W_{4s} = W_{3d} + P_3 = 11,78 + 8,15 = 19,93 \text{ daN}$$

$$W_{1d} = W_{1s} + G_1' = -38,73 + 20,28 = -18,45 \text{ daN}$$

$$W_{2d} = W_{2s} + G_2' = -15,41 + 0,20 = -15,20 \text{ daN}$$

$$W_{3d} = W_{3s} + G_3' = -7,21 + 19 = 11,78 \text{ daN}$$

$$W_{4d} = W_{4s} + G_4' = 19,93 + 18,6 = 38,53 \text{ daN}$$

Se verifică $W_{4d} = W_B$

La fel se verifică componentele orizontale pentru celelalte stări.
Poziția punctului de elongație maximă :

1) Starea II

Componenta verticală a forței tăietoare schimbă semnul în dreptul forței concentrate :

$$\text{deci } j=3,\ x_0=0$$

Momentele forțelor verticale situate la stînga punctului de elongație maximă :

— Starea II

$$M_m = -V_A(L_1+L_2) - G_1\left(\frac{L_1}{2}+L_2\right) - G_2\frac{L_1}{2} - F_1L_2 =$$

$$=166,45\ (2,11+0,14) - 128,8\left(\frac{2,11}{2}+0,14\right) - 0,256\,\frac{0,14}{2} -$$

$$-8,01+0,14 = 219,9 \cong 220 \text{ kgm}$$

Calculul mărimilor ø

Starea II

$$ø_1 = \frac{V_{1d}^3 - V_{1s}^3}{g_1} + \frac{V_{2d}^3 - V_{2s}^3}{g_2} + \frac{V_{3d}^3 - V_{3s}^3}{g_3} + \frac{V_{4d}^3 - V_{4s}^3}{g_4} = 74\,970 \text{ kg}^2\text{m}$$

Mărimea $\varnothing_2$

Starea II

$$\varnothing_2 = \frac{W_{1d}^3 - W_{1s}^3}{P_1} + \frac{W_{2d}^3 - W_{2s}^3}{P_2} + \frac{W_{3d}^3 - W_{3s}^3}{P_3} + \frac{W_{4d}^3 - W_{4s}^3}{P_4} =$$

$$= \frac{(-18,45)^3 - (-38,73)^3}{11,54} + \frac{(-15,2)^3 - (-15,41)^3}{1,46} +$$

$$+ \frac{(11,78)^3 - (-7,21)^3}{1,46} + \frac{(38,53)^3 - (19,93)^3}{11,54} = 10\,090 \text{ kg}^2\text{m}$$

Coeficienţii ecuaţiei de stare

1. Coeficientul K

Modulul de elasticitate echivalent :

$$E = 7\,680 \text{ kg/mm}^2$$

Coeficientul de dilatare :

$$\alpha = 18,5 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$$

Secţiunea totală :

$$S = 520,6 \text{ mm}^2$$

Coeficientul K :

$$K = \frac{1}{E\alpha s} = \frac{1}{7\,680 \cdot 18,5 \cdot 10^{-6} \cdot 520,6} = 0,0135 \text{°C/kg}$$

Coeficientul A

— Pentru starea IV

$$A = \frac{\varnothing_1 + \varnothing_2}{6\,(L - Liz)} = \frac{74 \cdot 970}{6\,(16,9 - 3,72) \cdot 18,5 \cdot 10^{-6}} = 5120 \times 10^4 \text{°C kg}^2$$

$$Liz = 1,61 + 1,61 + 0,5 = 3,72 \text{ m}$$

Valoarea constantei C (minim pentru starea IV)

Pentru starea IV :

$$C = \frac{5\,120 \times 10^4}{440^2} - 0,0135 \cdot 440 - 70 =$$

$$= 267 - 5,93 - 70 = 191 \text{°C}$$

Ecuaţia de stare :

$$H^3 + \frac{\varnothing + C}{10^3\,K} H^2 = \frac{A}{10^9\,K}$$

Se înlocuiesc valorile de mai sus în ecuaţia de stare şi rezultă :

$$H^3 + 4,6\,H^2 = 3,8$$

$$\boxed{H = 0,29 \text{ t}}$$

Determinarea eforturilor în conductor și a săgeților la diverse stări

Se admite săgeata maximă 3% din deschidere:

$$f_m = 0,03\ L = 0,03 \cdot 16,9 = 0,5\ m$$

Efortul la starea II, corespunzătoare săgeții f_m:

$$H_m = \frac{220}{0,5} = 440\ kg$$

$$f = \frac{M_m}{H} = \frac{220}{290} = 0,76\ m$$

Eforturile maxime în conductor și izolatoare

Starea IV

$$T_A = \sqrt{H^2 + V_A^2 + W_A^2} = \sqrt{290^2 + 166^2 + 0} = 332\ daN$$

$$T_B = \sqrt{H^2 + V_B^2 + W_B^2} = \sqrt{290^2 + 156^2 + 0} = 329\ daN$$

Anexa 8

Determinarea curentului admisibil de durată pentru conductoarele neizolate de tip funie din instalațiile exterioare

Pentru stabilirea *în general* a curentului maxim admisibil al conductoarelor electrice se recurge la valorile normate în standarde și prescripții. Aceste valori corespund unor ipoteze climatice, de calitate a contactelor etc. care satisfac — cu o oarecare acoperire — marea majoritate a situațiilor ce se întîlnesc în practică.

În anumite cazuri particulare, fie datorită unor condiții climatice deosebite, fie datorită unei tratări speciale a contactelor (permițînd funcționarea la temperaturi de regim mai ridicate), fie datorită necesității de a se recurge la secțiuni de conductoare necuprinse în tabelele de încărcări normate, prezintă interes o determinare printr-un calcul mai exact a curentului admisibil de durată în regim permanent.

În cele ce urmează se prezintă o metodă pentru determinarea acestui curent pentru conductoarele neizolate de tip funie, în instalațiile exterioare.

Curentul admisibil de durată rezultă din relația bilanțului termic, exprimat pe unitatea de lungime a conductorului:

$$\Delta P\Omega + \Delta P_S = \Delta P_R + \Delta P_c \qquad (W/m) \qquad (1)$$

în care :

$\Delta P\Omega$ este puterea produsă sub formă de căldură prin pierderi, Joule ;

ΔP_s — puterea primită prin radiația solară ;

ΔP_R — puterea pierdută prin schimbul de radiații între conductor și mediul înconjurător (exclusiv radiația solară) ;

ΔP_c — puterea disipată sub formă de căldură prin convenție.

Temperatura de regim a conductorului, la care este realizat bilanțul termic de mai sus, nu trebuie să depășească anumite valori, în vederea evitării următoarelor inconveniente :

— scăderea cu timpul a rezistenței la tracțiune a conductorului ;

— alterarea contactelor ;

— scurgerea stratului de unsoare aplicată pe conductoare la fabricare.

Rezistența la tracțiune a conductoarelor de aluminiu și aldrey scade cu timpul la circa 85—90% din valoarea inițială la temperatura de regim de +80°C, în timp ce rezistența la tracțiune a conductoarelor de cupru scade la circa 80% din valoarea inițială la temperatura de regim de +70°C.

În România se admite pentru toate conductoarele temperatura de regim de +70°C, în timp ce în alte țări se admite valoarea de +80°C pentru conductoarele de aluminiu și aldrey.

Pierderile prin efect joule $\Delta P\Omega$

Primul termen din relația (1) a bilanțului termic are expresia :

$$\Delta P\Omega = R' I_d^2 \cdot 10^{-3} \quad (W/m) \qquad (2)$$

în care :

R' este rezistența ohmică a conductorului în curent alternativ, Ω/km ;

I_d — curentul admisibil de durată la temperatura maximă, A.

Rezistența ohmică a conductorului în curent alternativ este indicată în cataloagele de fabricație.

Curentul admisibil de durată I_d se determină la sfîrșitul calculului, pe baza relației bilanțului termic, după cum se va arăta în continuare.

Puterea primită prin radiație solară ΔP_s

Puterea $\Delta P_s'$ primită prin radiație solară sub formă de căldură, pe o unitate de suprafață perpendiculară pe direcția razelor solare, la nivelul mării, este indicată în figura 3, în W/m², în funcție de înălțimea aparentă a soarelui hs și de puritatea aerului.

În legătură cu puritatea aerului sînt indicate trei curbe :

— 1 aer curat ;
— 2 aer cu poluare medie;
— 3 aer poluat.

Pentru cazul general se recomandă considerarea curbei 2.

Înălțimea aparentă a soarelui hs se exprimă prin unghiul razelor solare cu plan orizontal local (în °), cînd soarele trece la meridian ; valoarea ei rezultă din relația:

hs=113,5°C — ø (pentru ø (3) ≥ 23,5°)

în care ø este latitudinea locală (în°). Pentru România se poate considera ø=44°, deci hs=69,5°.

Pentru altitudini H mai mari decît nivelul mării, valoarea $\Delta P_s'$ determinată cu ajutorul figurii 3 trebuie multiplicată cu factorul K indicat mai jos:

K	1,0	1,1	1,2	1,3
H (m)	0	1 000	2 200	4 500

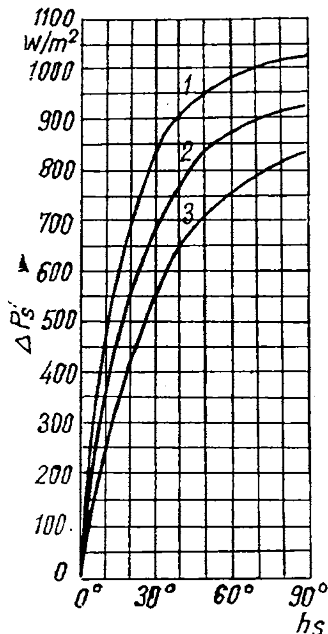


Fig. 3

Pentru cazul general se adoptă altitudinea H=1 000 m, deci K≈1,1.

Considerînd situația cea mai defavorabilă, în care razele solare sînt perpendiculare pe direcția conductorului, puterea ΔP_s primită de conductor prin radiație solară, pe unitatea de lungime, este dată de relația :

$$\Delta P_s = d \cdot \alpha \cdot \Delta P_s' \quad \text{(W/m)} \qquad (4)$$

în care:

d este diametrul conductorului, m;

α — coeficientul de absorbție relativ al conductorului (în raport cu cel al corpului negru), egal practic cu cel de radiație, conform tabelului 1.

Pentru cazul general, valoarea coeficientului de absorbție relativ se adoptă considerînd suprafața conductorului oxidată și puțin murdară.

Puterea disipată prin radiație ΔP_R

Radiația termică este proporțională cu puterea a patra a temperaturii absolute, iar schimbul de căldură cu mediul rezultă din diferența între căldura iradiată de conductoare și cea primită de la mediul incon-

Tabelul 1

Coeficientul relativ de emisie ε şi de absorbţie α pentru conductoarele neizolate de tip funie

(ε ≈ α)

Starea suprafeţei	Materialul	
	Cupru	Aluminiu şi aldrey
Semilustruită	0,15	0,08
Mată	0,24	0,23
Oxidată	0,5	0,35
Oxidată şi uşor murdară	0,6	0,5
Puternic oxidată	0,75	0,7
Puternic oxidată şi murdară	0,88...0,93	0,88...0,93

jurător. Considerînd că schimbul de căldură se face în proporţie de 75% cu solul şi 25% cu atmosfera, debitul $\Delta P'_R$ al căldurii disipate prin radiaţie pe unitatea de suprafaţă a conductorului rezultă din relaţia:

$$\Delta P'_R = \varepsilon CN \left\{ 0{,}75 \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right] + 0{,}25 \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_3}{100}\right)^4 \right] \right\} \quad [W/m^2] \qquad (5)$$

în care:

- ε este coeficientul de radiaţie relativ al conductorului (în raport cu cel al corpului negru), egal practic cu cel de absorbţie, conform tabelului 1;
- CN — 5,7 $W/m^2 (°K)^4$ — coeficientul de radiaţie şi de absorbţie al corpului negru;
- T_1 — temperatura absolută a conductorului, °K;
- T_2 — temperatura superficială absolută a solului (°K) care în România poate fi apreciată la maximum de 308÷318°K (35—45°C);
- T_3 — temperatura absolută a atmosferei, egală aproximativ cu 217°K (—56°C).

În loc să se calculeze numeric relaţia, se poate folosi nomograma din figura 4, care permite determinarea valorii numerice a expresiei:

$$\varepsilon CN \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right]$$

în care:

T_1 este temperatura absolută a conductorului;

T_2 — temperatura mediului înconjurător.

Cu ajutorul acestei nomograme se determină două valori:

ΔP_{R_1} (funcţie de temperaturile T_1 şi T_2);

ΔP_{R_2} **(funcţie de temperaturile T_1 şi $_3$).**

rezultînd apoi:

$$\Delta P'_R = 0{,}75\ \Delta P'_{R_1} + 0{,}25\ \Delta P''_{R_2}$$

Puterea disipată prin radiaţie calorică pe unitatea de lungime a conductorului are valoarea:

$$\Delta P_R = \Pi\ d\Delta P'_R \quad \text{(W/m)} \tag{6}$$

unde d este diametrul conductorului (m).

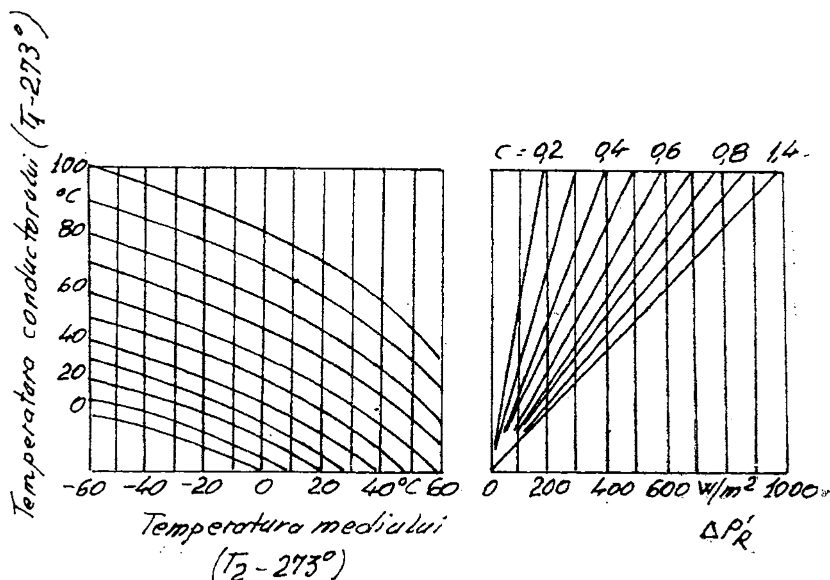


Fig. 4

Puterea disipată prin convecţie ΔP_c

În cazul răcirii prin convecţie liberă a unui conductor orizontal, debitul căldurii disipate se poate determina cu ajutorul numerelor adimensionale ale lui Prandtl (Pr), Grashof (Gr) şi Nusselt (Nu).

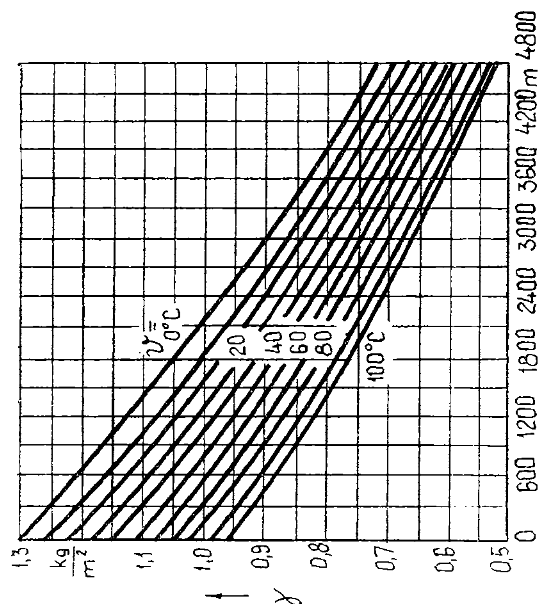

1,3
kg/m²
1,1
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
γ →
0
600
1200
1800
2400
3000
3600
4200 m
4800
ϑ = 0°C
20
40
60
80
100°C

Fig. 6

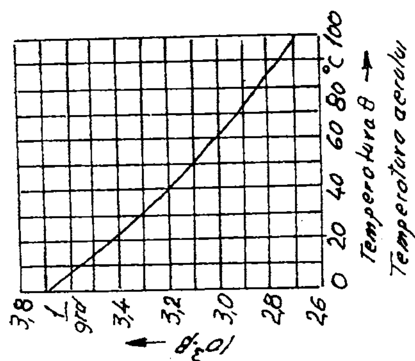

3,8
1/grd
3,4
3,2
3,0
2,8
2,6
10³·β →
0
20
40
60
80
°C 100
Temperatura θ →
Temperatura aerului

Fig. 5

Pentru cazurile uzuale (temperaturi ale conductorului între 0 şi 100°C) numărul lui Prandtl este practic constant şi nu este necesar să fie calculat.

Numărul lui Grashof are expresia:

$$Gr = \frac{d3\delta^2\beta\theta}{\eta^2 \cdot g} \tag{7}$$

în care:

d este diametrul conductorului, m;

δ — densitatea aerului (kg/m³), care se poate determina cu ajutorul nomogramei din figura 6 în funcţie de altitudine şi de temperatură, ultima considerîndu-se egală cu cea a conductorului (aer încălzit);

β — coeficientul de dilatare cubică al aerului ($°C^{-1}$), determinat cu ajutorul nomogramei din figura 5 pentru o temperatură a aerului egală cu cea a conductorului (aer încălzit);

θ — diferenţa de temperatură între conductor şi aer (°C); aici temperatura aerului se consideră egală cu cea adoptată pentru sol (T_1—T_2);

η — vîscozitatea cinematică a aerului (kgs/m²), care se poate determina cu ajutorul nomogramei din figura 7 în funcţie de temperatură, considerată egală cu cea a conductorului (aer încălzit);

g — 9,81 m/s² (acceleraţia gravităţii).

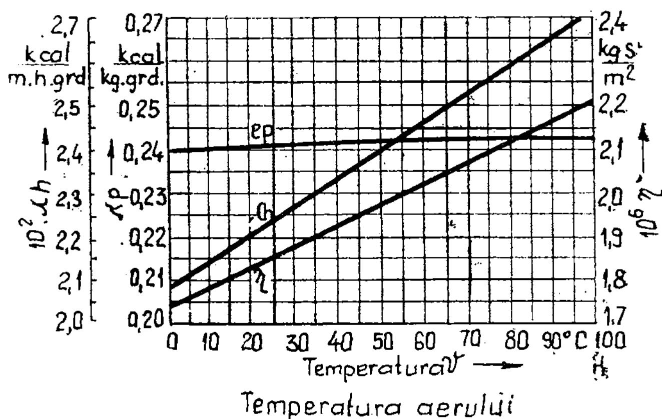
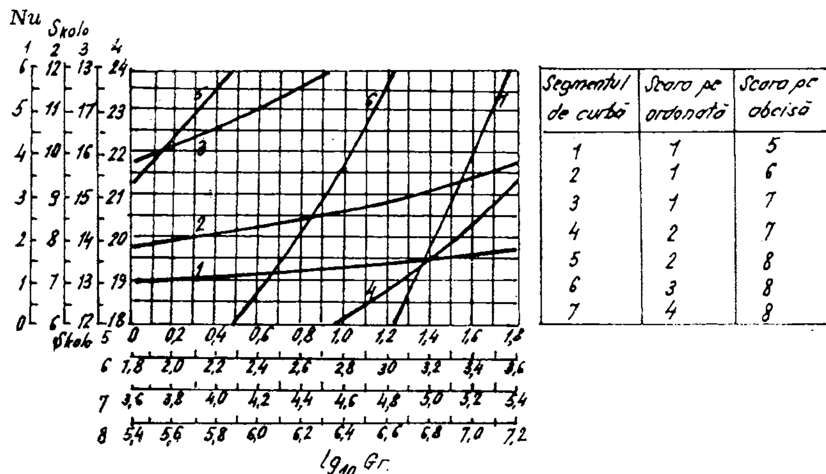


Fig. 7



Segmentul de curbă	Scara pe ordonată	Scara pe abscisă
1	1	5
2	1	6
3	1	7
4	2	7
5	2	8
6	3	8
7	4	8

Fig. 8

Numărul lui Nusselt rezultă din relațiile:

$$\left.\begin{array}{ll} Nu \approx 0{,}436+0{,}55\ Gr^{0{,}217} & \text{dacă } 1 \leqslant Gr \leqslant 10^4 \\ \text{și} \quad Nu \approx 0{,}55\ Gr^{0{,}228} & \text{dacă } 10^4 \leqslant Gr \leqslant 10^7 \end{array}\right\} \qquad (8)$$

În locul relației, numărul lui Nusselt poate fi determinat cu ajutorul nomogramei din figura 8, în funcție de mărimea $\log_{10}$ Gr.

Puterea disipată prin convecție liberă rezultă din relația:

$$\Delta P_c = 1{,}63\ \pi\lambda\theta\ Nu \quad (W/m) \qquad (9)$$

în care:

λ este conductibilitatea termică a aerului (kcal/mh, °C) care se poate determina cu ajutorul nomogramei din figura 7 în funcție de temperatură, considerată egală cu cea a conductorului (aer încălzit).

În cazul răcirii prin convecție forțată într-un curent de aer orizontal, perpendicular pe direcția conductorului, debitul căldurii disipate se poate determina cu ajutorul numărului adimensional al lui Raynolds (Re):

$$Re = \frac{d\delta v}{\eta g} \qquad (10)$$

în care:

v este viteza aerului;

d, δ, η și g au semnificațiile arătate anterior.

În acest caz însă, la determinarea valorilor δ și η, se consideră că temperatura aerului are o valoare medie între cea a conductorului și cea a solului.

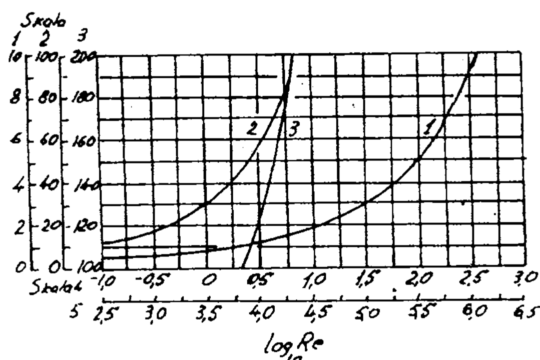
Se emite această ipoteză considerîndu-se că în cazul existenței unui curent de aer, straturile de aer care se scurg în jurul conductorului nu au timp să se încălzească pînă la temperatura acestuia.

Numărul lui Nusselt rezultă din relațiile:

$$\left.\begin{aligned} &Nu \approx 0{,}32+0{,}43\ Re^{0,52} \quad \text{dacă } 0{,}1 \leqslant Re \leqslant 10^{3} \\ \text{și}\quad &Nu \approx 0{,}24\ Re^{0,6} \quad \text{dacă } 10^{3} \leqslant Re \leqslant 5\cdot 10^{4} \end{aligned}\right\} \quad (11)$$

În locul relației de mai sus, numărul lui Nusselt corespunzător răcirii prin convecție forțată poate fi determinat cu ajutorul nomogramei din figura 9 în funcție de mărimea $\log_{10} Re$.

Pentru o mai bună citire, curba a fost împărțită în trei segmente, scările corespunzătoare pe abscisă și pe ordonată fiind diferite. Valoarea obținută pentru numărul lui Nusselt se introduce apoi în relația (9), calculîndu-se astfel puterea disipată prin convecție forțată. În acest caz, la determinarea valorii λ cu ajutorul nomogramei din figura 7 se ia în considerare temperatura medie a aerului între cea a conductorului și cea a solului, după cum s-a arătat anterior.



Segment de curbă	Scara pe ordonată	Scara pe abscisă
1	1	4
2	2	5
3	3	6

Fig. 9

În exterior se produce în permanență o circulație de aer, cu viteza minimă de 0,5 ÷ 0,6 m/s, astfel încît convecția este forțată. Aerul este absolut nemișcat numai foarte rareori (în depresiuni și numai pînă la înălțimea de circa 4 m deasupra solului).

Curentul admisibil de durată I_d

Determinarea curentului admisibil de durată I_d care conduce la temperatura de regim a conductorului stabilită anterior se face cu relațiile (1), (4), (6) și (9).

Rezultă:

$$I_d = \sqrt{\frac{\Delta P_R + \Delta P_c - \Delta P_s}{R'}} \cdot 10^3 \quad \text{(A)} \qquad (12)$$

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucţiuni pentru proiectarea staţiilor de conexiuni şi transformare Staţii electrice de distribuţie de 6—20 kV	PE 111-10/78 Grupa 1 Electroenergetică

CUPRINS

Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 396/78	Înlocuieşte :	Data intrării în vigoare : 1 iulie 1978

1. GENERALITĂŢI

1.1. Domeniul de aplicare

1.1.1. Prezentele instrucţiuni se aplică la proiectarea staţiilor electrice de distribuţie de 6,10 şi 20 kV de tip interior, aferente staţiilor electrice de transformare. Instrucţiunile nu se aplică la proiectarea staţiilor de MT aferente centralelor electrice.

1.1.2. În prezentele instrucţiuni se folosesc următorii termeni pentru indicarea gradului de obligativitate a prevederilor :

— „trebuie", „este necesar" — indică obligativitatea strictă a respectării prevederilor în cauză ;

— „de regulă" — indică faptul că prevederea respectivă trebuie să fie aplicată în majoritatea cazurilor ; nerespectarea prevederii este permisă, dar trebuie justificată în proiect ;

— „se admite" — indică o soluţie satisfăcătoare, care poate fi aplicată numai în situaţii particulare, fiind obligatorie justificarea ei în proiect ;

— „se recomandă" — indică o soluţie preferabilă, care trebuie avută în vedere, dar care nu este obligatorie.

1.2. Legislaţia tehnică

1.2.1. Standarde :

STAS 930—75 — Reţele electrice. Tensiuni nominale şi abateri admisibile.

STAS 6489—67 — Reţele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolaţiei, niveluri de izolaţie şi de protecţie.

STAS 6669/1-77 — Încercări la înaltă tensiune. Prescripţii generale.

STAS 6669/2-77 — Idem. Metode de încercare.

STAS 7334—78 — Instalații electrice de 1 000 V și peste 1 000 V. Instalații de legare la pămînt de protecție. Prescripții.

◆ 1.2.2. Prescripții, normative, instrucțiuni, norme interne

PE 009/76 — Norme de prevenire, stingere și dotare împotriva incendiilor pentru ramura energiei electrice și termice.

— Norme generale de protecție împotriva incendiilor la proiectarea și realizarea construcțiilor și instalațiilor (aprobate prin decret al Consiliului de Stat nr. 290/16 aug. 1977).

N.I. 6226/77 — Celule prefabricate închise de interior pentru 10 kV 4 000 A.

PE 011/75 — Normativ privind calculul comparativ tehnico-economic la instalațiile de producere, transport și distribuție de energie electrică și termică.

PE 013/79 — Normativ privind metodele și elementele de calcul al siguranței în funcționare a instalațiilor energetice.

PE 101/77 — Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.

PE 103/70 — Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice în condițiile curenților de scurtcircuit.

PE 107/78 — Normativ pentru proiectarea și execuția rețelelor de cabluri electrice.

PE 109/74 — Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.

PE 111/75 — Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare.

PE 116/78 — Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice.

PE 119/71 — Norme de protecție a muncii pentru instalații electrice.

PE 126/72 — Regulament de exploatare tehnică pentru echipamentele electrice din distribuția primară.

PE 134/74 — Normativ privind metodologia de calcul a curenților de scurtcircuit în rețelele electrice cu tensiune peste 1 kV.

N.I. 113/74 — Celule metalice prefabricate de interior 10—20 kV pentru stații de transformare.

N.I. 115/75 — Celule metalice prefabricate de interior 10 kV pentru stații tip urban.

N.I. 3646/74 — Celule prefabricate închise de interior pentru 10 kV pînă la 2 500 A cu gabarit redus cu un singur sistem de bare.

N.I. 5912/76 — Celule prefabricate închise de interior pentru 10 kV pînă la 2 500 A cu două sisteme de bare.

N.I. 2268/67 — Celule prefabricate închise de interior 10—20 kV pînă la 2 500 A cu un singur sistem de bare și cărucior debroșabil.

N.I. 2614/69 — Celule prefabricate închise de interior pentru 10—20 kV pînă la 2 500 A cu dublu sistem de bare și cărucior debroșabil.

1 9 7 5 — Norme republicane de protecție a muncii.

PE 857/74 — Condiții tehnice privind celule prefabricate de tip închis de medie tensiune.

PE 869/77 — Condiții tehnice pentru celule de stații de tip deschis.

1.3. **Definiții**

1.3.1. Stație electrică de distribuție se numește în sensul prezentelor instrucțiuni, ansamblul de instalații electrice și construcții de la care se realizează distribuția energiei electrice la consumatori, cu aceeași tensiune cu care este alimentată.

1.3.2. Stație de distribuție tip rețea este stația de 6, 10, 20 kV din cadrul stațiilor de 110 kV/MT, care alimentează rețelele de distribuție de medie tensiune din mediul rural.

1.3.3. Stație de distribuție tip urban este stația de 6, 10, 20 kV din cadrul stațiilor de 110 kV/MT, la care se racordează fideri și distribuitoare destinate alimentării consumului casnic edilitar din orașe precum și a consumatorilor industriali din perimetrul acestora.

1.3.4. Celula metalică prefabricată de interior este cabina metalică echipată cu aparatajul de medie și joasă tensiune de comandă, protecție, măsură și semnalizare aferent unui singur circuit, utilizată în domeniul distribuției energiei electrice și destinată pentru instalare în interiorul clădirilor.

1.3.5. Sistem de bare colectoare se numește ansamblul pentru toate cele trei faze ale conductoarelor unei stații la care se leagă prin aparate de conectare circuitele ce se întîlnesc în stație.

1.3.6. Secția de bare colectoare, în sensul prezentelor instrucțiuni, se numește o porțiune dintr-un sistem de bare colectoare ce poate funcționa separat de restul instalației, avînd conectate numai o parte din circuitele unei stații, dar întotdeauna legată prin aparate de conectare (cuplă) la sistemul de bare colectoare.

2. DATE NECESARE PENTRU PROIECTARE

2.1. Tensiunea nominală a circuitelor primare și secundare.

2.2. Tensiunea de serviciu a rețelei.

2.3. Frecvența nominală a rețelei.

2.4. Modul de tratare a neutrului rețelei de MT (izolat, compensat prin bobină de stingere sau legat la pămînt prin rezistență).

2.5. Date generale privind alegerea schemelor de conexiuni pentru stații :

— structura rețelei din zonă și încadrarea stației în sistem ;

— categoria consumatorilor, puterea absorbită și cerințele de asigurare a continuității în alimentare ;
— sistemul de exploatare al stației (fără personal, cu personal la domiciliu, cu personal permanent).

2.6. Curentul nominal al fiecărui circuit primar.

2.7. Curentul maxim de durată al fiecărui circuit primar.

2.8. Mărimile necesare pentru determinarea stabilității termice și dinamice la acțiunea curenților de scurt-circuit.

2.9. Zona geografică.

2.10. Date privind gradul de poluare din zonă.

2.11. Date asupra celulelor, extrase din cataloagele și normele interne de fabricație în vigoare (caracteristici, performanțe, date constructive etc.).

2.12. Tipul racordurilor exterioare (aeriene, în cablu, în bare capsulate).

3. CELULE DE MEDIE TENSIUNE PENTRU STAȚII DE DISTRIBUȚIE

3.1. Stațiile de distribuție de MT din cadrul stațiilor de transformare vor fi de regulă realizate cu celule metalice prefabricate de interior, amplasate în încăperi (clădiri) special amenajate.

3.2. Stațiile de distribuție de MT de tip exterior se vor realiza în general numai pentru provizorate, în aceste cazuri urmînd a se utiliza celule metalice prefabricate de exterior.

3.3. Principalele caracteristici ale celulelor metalice prefabricate de medie tensiune de interior :

3.3.1. Tensiunea nominală

Tensiunile nominale ale celulelor prefabricate de medie tensiune de interior vor avea următoarele valori :

— 7,2 kV pentru tensiunea nominală a rețelei de 6 kV ;
— 12 kV pentru tensiunea nominală a rețelei de 10 kV ;
— 24 kV pentru tensiunea nominală a rețelei de 20 kV.

3.3.2. Curentul nominal

Curentul nominal al celulei prefabricate de medie tensiune de interior corespunde valorilor din tabelul 1.

Tabelul 1

Tensiunea nominală, kV	Curentul nominal, A
7,2	(600) 630 *; 1250; 2500; 4000 **
12	(600) 630 *; 1250; 2500; 4000 **
24	(600) 630 *; 1250

* Pentru celulele de tip deschis, curentul nominal este de 600 A.
** Celule în curs de omologare.

3.3.3. Frecvența nominală este de 50 Hz.

3.3.4. Puterea de scurtcircuit pe bare

Celulele prefabricate de medie tensiune de interior se execută pentru puterile de scurtcircuit pe bare rezultate din tabelul 2.

Tabelul 2

Tensiunea nominală, kV	Puterea de scurtcircuit pe bare a celulei, MVA
7,2	150; 200; 250; 300; 400
12	250; 350; 500
24	300; 500

3.3.5. Curenții limită termici și dinamici ai celulelor sînt garantați de fabricile constructoare în normele interne ale celulelor și stabiliți în baza condițiilor tehnice M.E.E. : PE 857/74 și PE 869/77.

3.4. Tipuri constructive de celule prefabricate de medie tensiune, de interior

Celulele metalice prefabricate pentru stațiile de MT interioare, care fac obiectul prezentelor instrucțiuni, pot fi, din punct de vedere constructiv, de tip deschis sau tip închis.

3.4.1. Celule prefabricate de medie tensiune de tip deschis pentru stații

Cabina metalică este construită din tablă sudată pe un schelet din profile din tablă îndoită, avînd uși pline în față și din plasă în spate. Barele colectoare sînt aparente. Celulele au un compartiment pentru aparatajul de medie tensiune, în care se instalează căruciorul debroșabil cu întreruptor și un compartiment de circuite secundare.

Celulele deschise pentru stații se execută în varianta tip rețea (pe un nivel — anexa 1 și 2 varianta tip urban (pe două niveluri) — și anexa 3 și 4 — realizate din module suprapuse. Pentru detalii suplimentare se va consulta PE 869/77.

a) Celulele de tip rețea (norma internă E 113/74) pot avea simplu sau dublu sistem de bare și se utilizează de regulă la stațiile de 110 kV/MT de distribuție rurală sau urbană, cu puteri de maximum 2 $\times$ 25 MVA și un număr limitat de celule (circa 30).

b) Celulele de tip urban (norma internă E 115/75), construite numai pentru dublu sistem de bare, se utilizează la stațiile de 110 kV/MT de distribuție urbană, cu puteri care pot ajunge pînă la 2 $\times$ 40 MVA, caracterizate prin numărul mare de consumatori importanți ce necesită un grad sporit de siguranță în alimentarea cu energie electrică.

3.4.2. Celule prefabricate de medie tensiune de tip închis pentru stații

Cabina metalică se realizează dintr-un schelet metalic din profile din tablă îndoită, cu pereții și ușile din tablă ambutisată. Principalele compartimente ale celulei sînt : compartimentul căruciorului cu întreruptor, compartimentul de medie tensiune, compartimentul de măsură (circuite secundare) și compartimentul barelor colectoare.

Celulele închise se construiesc pentru simplu sau dublu sistem de bare (vezi exemplele din anexele 5, 6 și 7).

3.5. Condiții de instalare

Celulele metalice prefabricate de medie tensiune de interior pentru stații sînt garantate pentru o funcționare în următoarele condiții :

— altitudine maximă : 1 000 m ;
— temperatura mediului ambiant cuprinsă între :
    — 15°C și +40°C — pentru celule tip închis ;
    — 5°C și +40°C — pentru celule tip deschis ;
— temperatura medie pe o perioadă de 24 ore nu va depăși +35°C ;
— umiditatea relativă maximă a aerului :
    90% la +20°C — pentru celule tip închis ;
    80% la +35°C — pentru celule tip deschis ;
— medii lipsite de gaze, vapori, depuneri de praf etc.

4. ALEGEREA SCHEMELOR ELECTRICE ȘI A ECHIPAMENTELOR PENTRU STAȚIILE DE DISTRIBUȚIE DE 6—20 kV

4.1. Alegerea schemelor electrice

Alegerea schemei de conexiuni se face ținînd seama de funcția stației și încadrarea ei în sistemul energetic, de categoria, numărul și puterea consumatorilor alimentați și o serie de condiții particulare, cum sînt : caracteristicile aparatajului fabricat în țară, posibilitățile de realizare constructivă etc.

Alegerea schemei de conexiuni pentru stațiile de distribuție de rețea și urbane se va face ținînd seamă de perspectiva dezvoltării rețelelor de distribuție pe o perioadă de cinci ani de la intrarea în funcțiune a primei etape a stației și verificînd condițiile de încadrare în sistem pe o perioadă de 10—15 ani.

Se va urmări simplificarea schemelor, reducerea numărului de aparate de comutare în vederea obținerii unei eficiențe economice sporite și simplificării exploatării.

Adoptarea schemei se va face în urma calculelor tehnico-economice comparative ale mai multor variante, conform normativelor în vigoare (PE 124, PE 013), acestea trebuind să asigure :

— siguranța în funcționare necesară ;

— elasticitatea în exploatare, caracterizată prin capacitatea schemei de a permite conectarea circuitelor din stație după necesități ;

— simplitatea schemelor de protecție și automatizare ;

— reducerea volumului investițiilor și a cheltuielilor de exploatare și întreținere ;

— reducerea duratelor de montaj.

Schema de conexiuni trebuie să conțină elementele necesare respectării normelor de protecție a muncii pe timpul exploatării stației, executării lucrărilor de revizie sau de reparație la echipamentul din stație.

Se vor evita schemele complicate, cum sînt :

— barele duble secționate cu cuple longitudinale ;

— barele duble secționate cu cuple longitudinale și transversale.

Secționarea barelor se va prevedea, de regulă, din considerente de limitare a puterilor de scurtcircuit.

4.1.1. Schemele electrice pentru stații de distribuție din cadrul stațiilor de transformare de 110 kV/MT de tip rețea

Pentru stațiile de distribuție de tip rețea de 6—10 kV se vor prevedea, de regulă, celule de medie tensiune de tip închis. Pentru stațiile de distribuție de 20 kV se vor utiliza celule de tip închis, în schemă cu bare simple și celule de tip deschis în scheme cu bare duble.

În anexele 8, 9, 10 și 11 se prezintă cîteva scheme de conexiuni uzuale pentru stații de tip rețea, cu celulele specificate anterior.

Pentru stațiile de distribuție din cadrul stațiilor de transformare de 110 kV/MT tip simplificat, cu un singur transformator, se recomandă schema cu bare nesecționate.

Pentru stațiile de distribuție din cadrul stațiilor de transformare de 110/MT cu două transformatoare se recomandă (în ordine preferențială) schemele : bară simplă secționată și bară dublă nesecționată cu cuplă transversală. Alegerea schemei se va face însă în funcție de datele de proiectare.

4.1.2. Scheme electrice pentru stații de distribuție din cadrul stațiilor de transformare de 110 kV/MT, de tip urban

Stațiile de distribuție din cadrul stațiilor de transformare de 110 kV/MT de tip urban se vor executa cu celule de tip urban (tip deschis pe două niveluri) sau cu celule de tip închis, în condițiile arătate în 4.1.1.

Alegerea schemei și a tipului celulei este condiționată în cele mai multe cazuri de configurația, modul de funcționare și sensul dezvoltării rețelei urbane din zonă.

În anexa 9 este prezentat un model de stație de distribuție tip urban, realizat cu celule deschise pe două niveluri.

4.2. Puteri de scurtcircuit pentru stații de medie tensiune

Puterile de scurtcircuit plafon și cele recomandate pentru dimensionarea stațiilor de distribuție sînt incluse în tabelul 3.

Necesitatea reducerii puterii de scurtcircuit în rețeaua de distribuție, la depășirea valorilor puterii de scurtcircuit recomandate, se va stabili pe bază de calcul tehnico-economic, ținînd seamă pe de o parte de costul instalării mijloacelor de reducere a puterii de scurtcircuit, iar pe de altă parte de costul suplimentar datorat nivelului mai ridicat al puterii de scurtcircuit.

În cazul în care rezultă necesară reducerea puterii de scurtcircuit pe bare, se vor lua în considerare următoarele soluții :

— utilizarea transformatoarelor cu tensiune de scurtcircuit mare ;

— secționarea barelor colectoare ;

— montarea bobinelor de reactanță (conform instrucțiunilor PE 111—12).

Tabelul 3

Tensiunea nominală a rețelei, kV	6	10	20
Puteri de scurtcircuit recomandate, MVA	150	200	250
Puteri de scurtcircuit plafon (cazuri de excepție), MVA	250 (400)	350 (500)	500 (750)

4.3. Alegerea echipamentului

4.3.1. Circuite primare

Echipamentele de circuite primare trebuie să îndeplinească condițiile de funcționare în regim normal și de scurtcircuit prevăzute în prescripțiile și cataloagele în vigoare, cu următoarele precizări :

a) *Întreruptoare*

În construcția celulelor de medie tensiune se utilizează întreruptoare de tipul cu ulei puțin, acționate cu mecanisme cu resort manual sau electric, și anume :

— Întreruptoare tip IUP—M 10, 20 kV pentru curenți nominali de 630 A și 1 000 A. Se acționează cu mecanism cu resort tip MRI-1.

— Întreruptoare tip IO-10, pentru curenți nominali de 630, 1 250, 2 500, 4 000 A (întreruptorul tip IO-10, 4 000 A este în curs de omologare).

— Întreruptoarele tip IO-20 kV, pentru curenți nominali de 630, 1 250, 2 500 A și curentul de rupere 12 kA la tensiunea nominală de 24 kV.

Se acționează cu mecanism cu resort de tipul :

— MRI-2 pentru întreruptoare tip IO-10, 20 kV 630 A ;

— MRI-3 pentru întreruptoare tip IO-10, 20 kV și curenți nominali peste 1 250 A inclusiv.

Notă : În construcția stațiilor de distribuție se preferă celulele echipate cu întreruptoare tip IO.

Întreruptoarele se vor alege și verifica în conformitate cu instrucțiunile PE 111-1.

b) *Separatoare*

În construcția celulelor de medie tensiune de stații se utilizează următoarele tipuri de separatoare :

— STI pentru celule de 630 A inclusiv ;

— STIn pentru celule de 1 250 A ;

— STIPn numai pe plecările aeriene din celulele deschise tip rețea și în cablu ale celulelor de tip urban.

Separatoarele se acționează manual, cu dispozitive cu manetă tip AMI-10 sau cu roată melcată tip AMI-11. Nu se recomandă acționarea cu dispozitive pneumatice tip AP. Separatoarele se aleg și se verifică în conformitate cu PE 111-5.

c) *Cuțite de legare la pămînt*

Cuțitele de legare la pămînt se aleg și se verifică conform instrucțiunilor PE 111-5 și trebuie să îndeplinească condiția de verificare la scurtcircuit.

Se montează în toate celulele cu racord în cablu.

d) *Transformatoare de curent*

Transformatoarele de curent se aleg și se verifică conform prescripțiilor PE 111-3, PE 111-10 și PE 503.

Transformatoarele din celulele de stații au izolație din rășină epoxidică și sînt de următoarele tipuri :

— CIRS-10, 20 kV (tip suport) pentru celulele avînd curenții nominali pînă la 630 A inclusiv ;

— CIRTo, os, i-10, 20 kV (tip trecere) pentru celulele avînd curenții nominali peste 630 A.

De regulă transformatoarele de curent se montează pe trei faze în celulele de linie și transformator și pe cîte două faze în celulele de condensatoare, servicii proprii și cuplă.

e) *Transformatoare de tensiune*

Transformatoarele de tensiune se vor alege și verifica în conformitate cu prescripțiile PE 111-2, PE 111-11, iar numărul și montarea acestora se va stabili conform PE 503.

Transformatoarele de tensiune sînt cu izolație din rășină epoxidică de tipurile :

— TIRMo-6, 10, 20 kV (monofazate) în montaj trifazat în celula de măsură a fiecărei secții de bare ;

— TIRBo-6, 10, 20 kV (bifazate) montate în celulele de linii interconectate, pentru semnalizarea prezenței tensiunii.

f) *Descărcătoare*

a) Descărcătoarele utilizate în construcția celulelor de medie tensiune sînt de tipul cu rezistență variabilă și rezistență de șuntare ;

DRVS-7, 5, 12, 24 kV în fabricație curentă la „Electroceramica" Turda.

b) Pentru cazuri speciale, justificate tehnico-economic, se pot utiliza descărcătoare cu rezistență variabilă și suflaj magnetic tip VA-7, 2/5, 12/5, 24/5 kV (import R.D.G.).

Locul de montare a descărcătoarelor (pe barele stației sau la bornele transformatorului de putere) se va stabili în conformitate cu normativul PE 109.

4.3.2. Circuite secundare și servicii proprii

4.3.2.1. Proiectarea circuitelor secundare, inclusiv a protecțiilor prin relee și a automatizărilor, se va face în conformitate cu prescripțiile PE 111-7, PE 501 și PE 503.

4.3.2.2. Proiectarea instalațiilor de servicii proprii de curent continuu și curent alternativ se va face în conformitate cu prescripțiile PE 112 și PE 111-8.

4.3.2.3. Proiectarea instalațiilor de circuite secundare aferente bateriilor de condensatoare se va face în conformitate cu prevederile instrucțiunilor PE 111-11.

5. DISPOZIȚII CONSTRUCTIVE PENTRU STAȚII DE DISTRIBUȚIE 6—20 kV

5.1. Stațiile de distribuție de medie tensiune se execută de regulă în clădiri, cu celule dispuse pe unul sau două șiruri.

Se recomandă dispoziția pe un singur șir în cazul celulelor cu gabarit redus, cînd nu rezultă lungimi exagerate pentru clădiri.

5.2. Clădirile stațiilor de distribuție se vor proiecta în conformitate cu prescripțiile PE 101, PE 009, normele generale de protecție împotriva incendiilor la proiectarea construcțiilor și instalațiilor, aprobate prin Decret al Consiliului de Stat nr. 290/16 aug. 1977 și normativele specifice construcțiilor industriale.

Clădirea trebuie să asigure condițiile indicate la art. 5.3. și 5.4.

5.3. Condiții de mediu

În stațiile de medie tensiune personalul nu desfășoară o activitate permanentă și în consecință trebuie asigurate nivelurile de temperatură admise de echipamentul utilizat (conform N.I. în vigoare). Dacă din bilanțul pierderilor de căldură pentru zona respectivă, ținînd cont de construcția clădirii, rezultă temperaturi inferioare celei minime admise de echipament, se va prevedea încălzirea sălii de conexiuni, pentru care se recomandă adoptarea mijloacelor de încălzire similare celor adoptate la camera de comandă (ex. : racordarea la rețeaua de termoficare din zonă, încălzirea electrică cu radiatoare etc.).

5.4. Condiții de montaj al celulelor

5.4.1. Se vor asigura :

— accesul în încăperea stației ;
— uși cu deschidere spre exterior ;
— planeitatea pardoselii ;
— spațiile necesare manevrării celulelor pentru montare ;
— accesul între sala de conexiuni și corpul de comandă ;
— spațiile necesare manevrării, culoarelor de circulație, de manevră și supraveghere ;
— ieșirile liniilor în cablu ; se vor prevedea canale de cabluri pentru plecări (de maximum 1, 2 m adîncime), inclusiv măsurile ce trebuie luate pentru preîntîmpinarea intrării apei în clădire prin aceste canale și pentru protecția cablului la trecerea prin zid (tuburi de protecție) etc. ; aceleași măsuri și în cazul racordului în cablu la transformatorul 110 kV/MT ;
— condițiile de realizare a racordului aerian (dacă este cazul) de la transformatorul 110 kV/MT la celula de transformator (trecerea izolată interior-exterior etc.) ;
— spațiile necesare executării întoarcerii barelor colectoare (la stații cu celule pe două șiruri) ;
— iluminatul corespunzător ; pe lîngă iluminatul local din celulă se va prevedea iluminatul general al încăperii stațiilor cu celule de tip închis și iluminatul culoarului din spatele celulelor de tip deschis ; nivelul de iluminare a sălilor de conexiuni, conform PE 136, este de 150 lx.

5.4.2. Clădirea stației trebuie prevăzută cu :

— elemente de construcții auxiliare necesare susținerii barelor colectoare de alimentare, a stelajelor pentru întoarcerea barelor și a paravanului despărțitor dintre sistemele de bare în cazul celulelor deschise ;

— construcții auxiliare pentru fixarea centurii de legare la pămînt ;

— construcții auxiliare pentru fixarea celulelor de tip deschis ;

— canale de cabluri pentru circuitele secundare.

În anexele 12 și 13 sînt prezentate cîteva dispoziții constructive pentru stații de distribuție de MT.

6. RACORDURI DE MT LA STAȚIILE DE DISTRIBUȚIE DE 6—20 kV

6.1. Pentru stațiile de distribuție din cadrul stațiilor de 110 kV/MT racordul de la transformatoarele exterioare se va realiza de regulă în bare din aluminiu (racord aerian). Dimensionarea barelor se va face în conformitate cu instrucțiunile PE 111-7. Se admite realizarea racordului în bare capsulate pentru instalații amplasate în zone poluate.

6.2. Plecările liniilor din stații se vor executa de regulă în cablu.

6.3. Alegerea, dimensionarea și verificarea cablurilor de racord se va face în conformitate cu normativele în vigoare : PE 107, PE 103, PE 134 etc., precum și cu indicațiile fabricii constructoare de cabluri.

7. MĂSURI SPECIALE DE PROTECȚIE A MUNCII ȘI PREVENIRE ȘI STINGERE A INCENDIILOR

7.1. Pentru protecția muncii împotriva atingerilor directe, în afara asigurării distanțelor de izolare și de protecție se vor prevedea :

— paravane despărţitoare între sistemele de bare colectoare pe toată lungimea lor, pentru celule de tip deschis ;

— plase de protecţie sub barele colectoare în dreptul uşilor de acces, în cazul realizării întoarcerii aparente a barelor (celule deschise) şi în dreptul celulelor de transformator cu racord aerian.

7.2. Pentru protecţia personalului împotriva atingerilor indirecte se va realiza instalaţia de legare la pămînt şi racordarea la aceasta a tuturor părţilor metalice ale celulelor şi ale aparatelor din celule, a construcţiilor metalice din staţie care în mod accidental pot primi tensiune.

7.3. Instalaţia de legare la pămînt se va realiza conform STAS 7334-77.

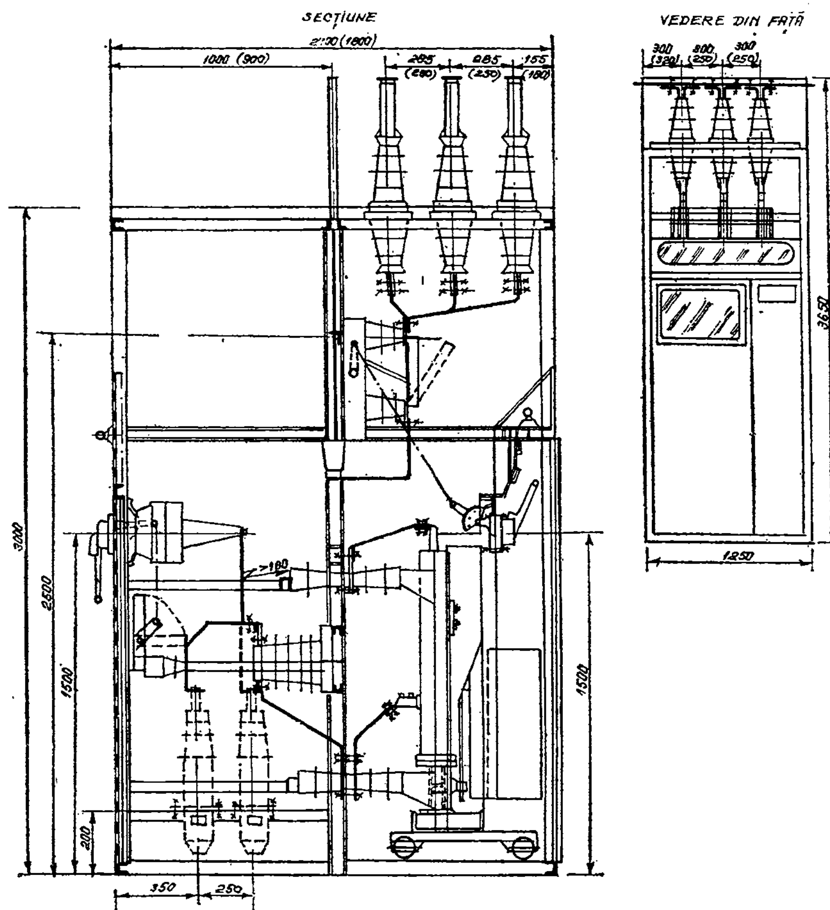
7.4. Vor fi prevăzute mijloacele de protecţie a muncii pentru lucrările de exploatare în conformitate cu PE 119 şi cu Normele republicane de protecţie a muncii ed. 1975.

7.5. Se vor prevedea materialele tehnice şi produsele necesare combaterii incendiilor conform PE 009 şi normelor generale de protecţie împotriva incendiilor la proiectarea şi realizarea construcţiilor şi instalaţiilor (Decret 290/77).

Anexa 1

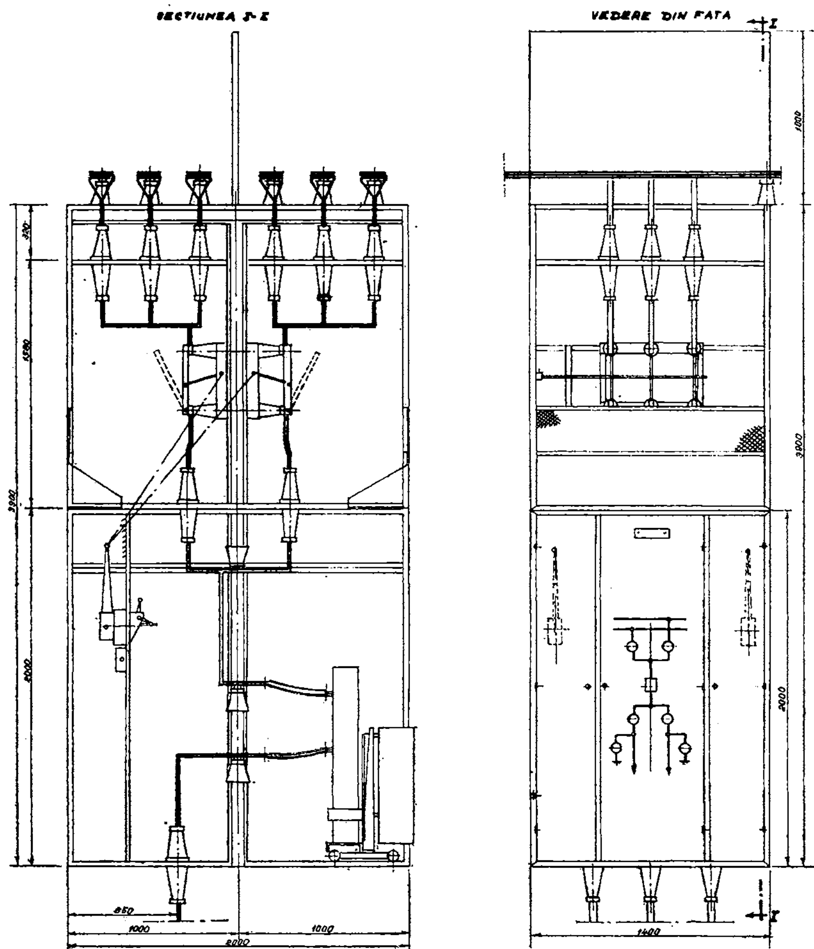
Celulă de tip deschis 10—20 kV, simplu sistem de bare.

Anexa 2



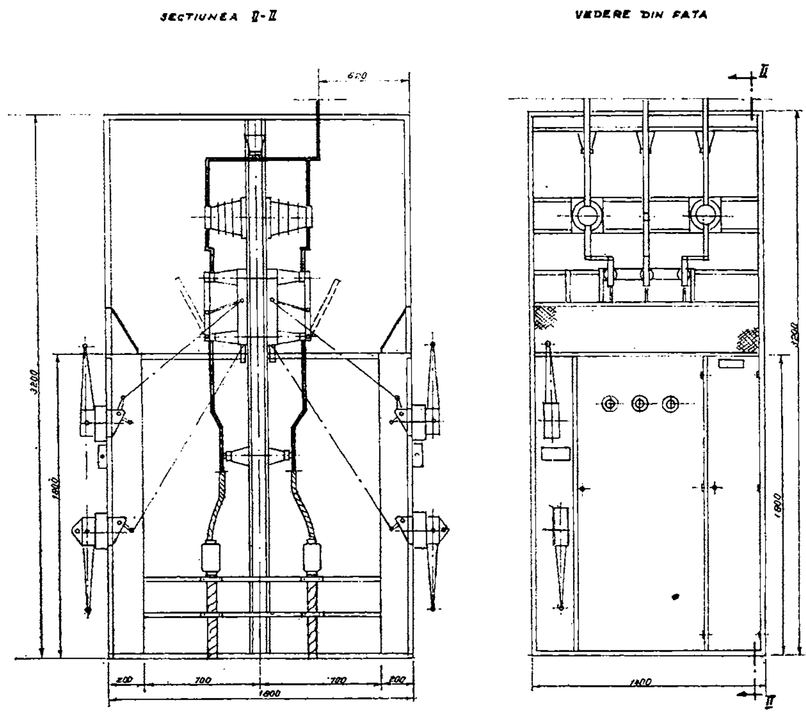
Celulă de tip deschis 10—20 kV, dublu sistem de bare.

Anexa 3



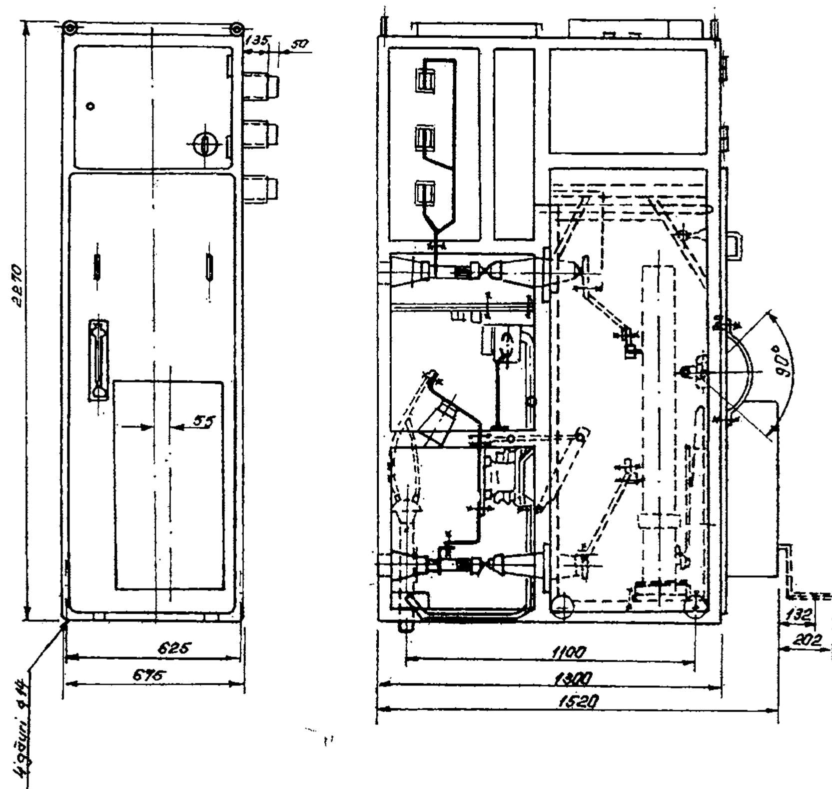
Celulă tip deschis 10 kV pe două niveluri (etaj).

Anexa 4



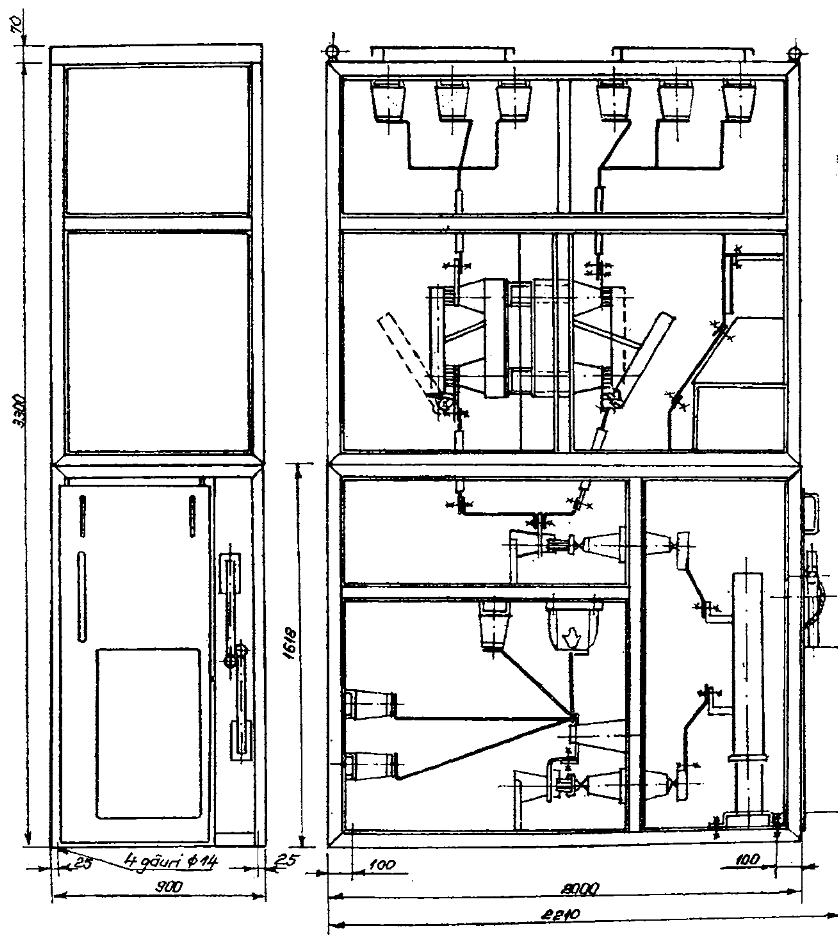
Celulă tip deschis 10 kV pe două niveluri (parter).

Anexa 5



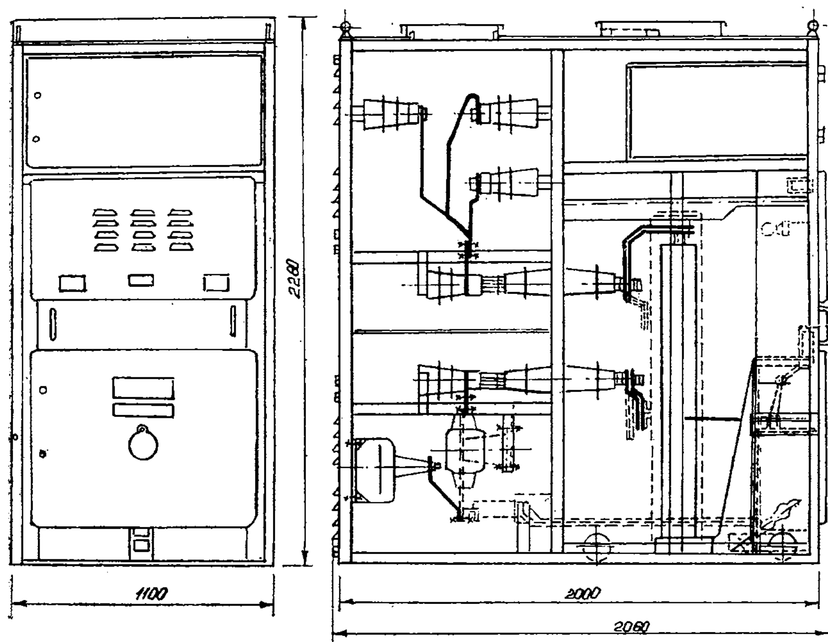
Celulă de tip închis 10 kV, simplu sistem de bare.

Anexa 6



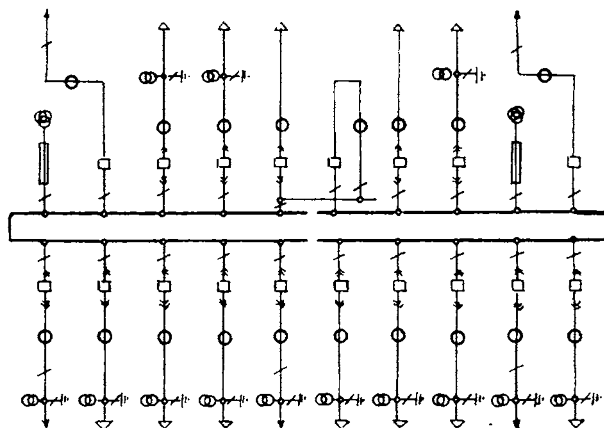
Celulă de tip închis 10 kV, dublu sistem de bare.

Anexa 7

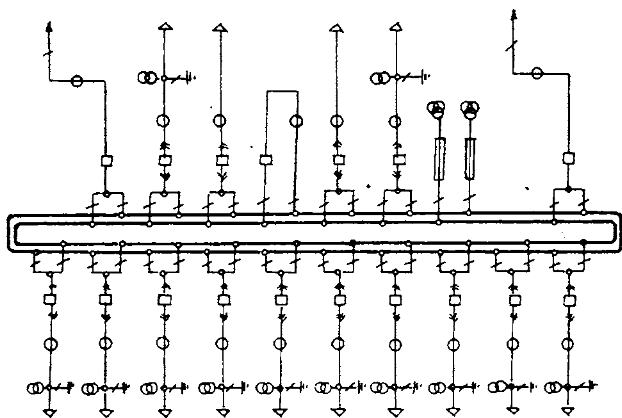


Celulă de tip închis 20 kV, simplu sistem de bare.

Anexa 8



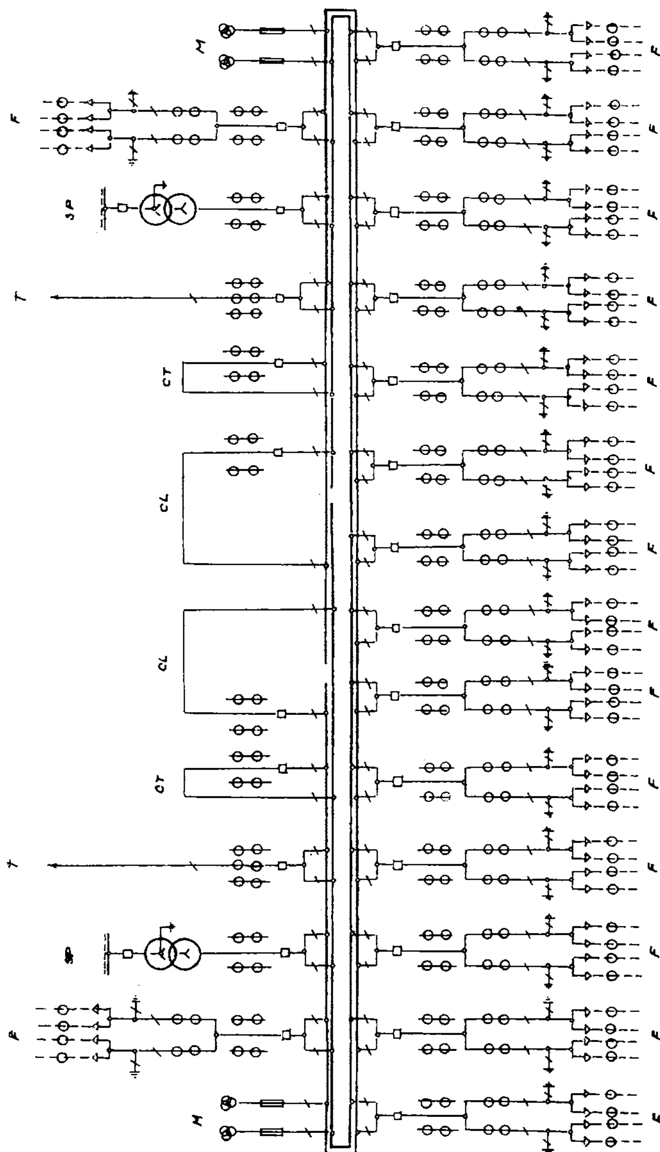
a — bare simple



b — bare duble

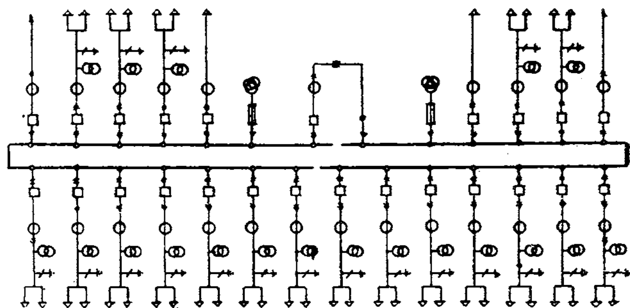
Scheme cu celule de tip deschis, pe un nivel

Anexa 9

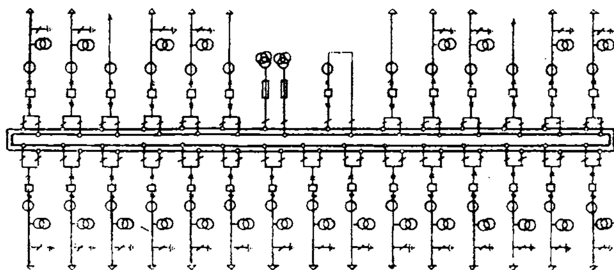


Scheme cu celule de tip deschis, pe două niveluri

Anexa 10



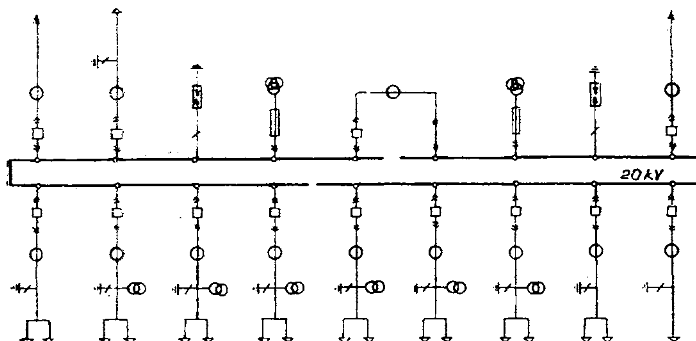
a — bare simple secționate



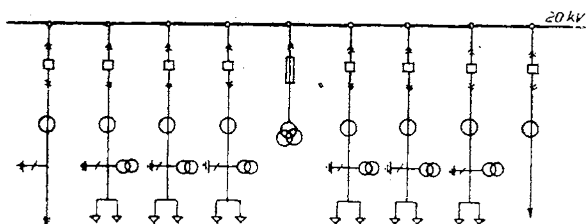
b — bare duble nesecționate

Scheme cu celule de 6—10 kV de tip închis

Anexa 11



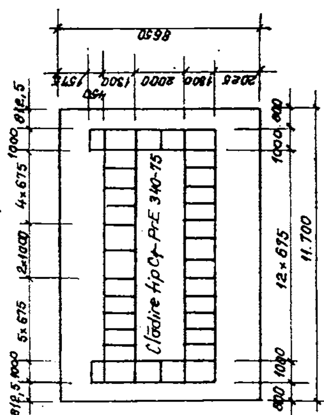
a — bare simple secționate

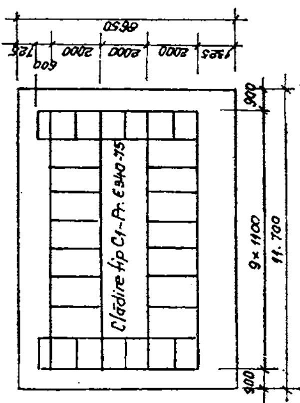


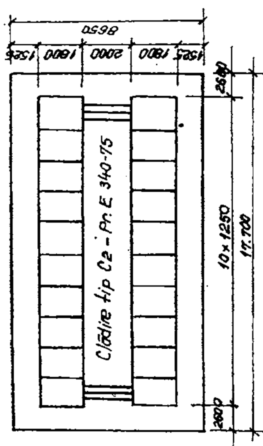
b — bare duble nesecționate

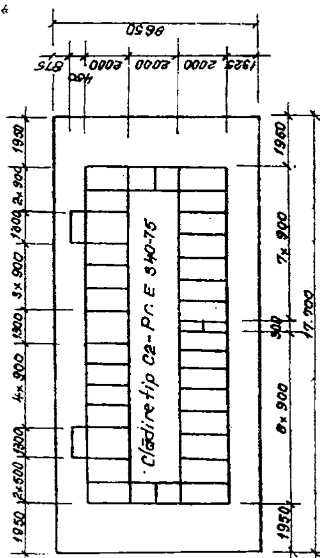
Scheme cu celule de 20 kV de tip închis

Anexa 12









Dispoziţii constructive pentru staţii de distribuţie 6—20 kV cu celule tip reţea

Anexa 13

PLAN ETAJ

PLAN PARTER

Dispoziţii constructive pentru staţii de distribuţie 10 kV cu celule tip urban (pe 2 niveluri)

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucţiuni pentru proiectarea staţiilor de conexiuni şi transformare Baterii de condensatoare şunt	PE 111-11/78 Grupa 1 Electroenergetică

C U P R I N S

Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 396/78	Înlocuieşte :	Data intrării în vigoare : 1 iulie 1978

1. GENERALITĂŢI

Dezvoltarea neîncetată a sistemului energetic şi necesitatea reducerii consumului propriu tehnologic din reţelele electrice de distribuţie au condus în prima etapă la implementarea bateriilor de condensatoare şunt de medie tensiune în staţiile de 110 kV/MT.

Lucrarea de faţă are drept scop uniformizarea concepţiei de proiectare a instalaţiilor de condensatoare de medie tensiune.

1.1. Domeniul de aplicare

1.1.1. Prezentele instrucţiuni se aplică la proiectarea instalaţiilor de condensatoare şunt de 6—20 kV care se amplasează în staţiile de transformare de 110 kV/MT.

1.1.2. Bateriile de condensatoare care fac obiectul instrucţiunilor de faţă sînt baterii trifazate în conexiune stea, cu neutrul izolat faţă de pămînt. Ele pot fi comutabile manual sau automat, cu una sau mai multe trepte de puteri egale.

1.1.3. Instrucţiunile se aplică la staţii noi sau staţii existente în cazul extinderilor sau altor amenajări, în urma cărora se modifică circulaţia de putere reactivă sau configuraţia reţelelor din zonă.

1.1.4. Aceste instrucţiuni nu se aplică în cazul în care sistemul energetic din zonă prezintă regim deformant peste 5%, caz în care în etapa actuală nu se montează baterii de condensatoare (a se consulta normativul PE 143).

1.2. Legislaţia tehnică

◆ **1.2.1. Prescripţii :**

PE 101/77 — Normativ pentru construcţia instalaţiilor electrice de conexiuni şi transformare cu tensiuni peste 1 kV.

PE 103/70	— Instrucţiuni pentru dimensionarea şi verificarea instalaţiilor electroenergetice la solicitări mecanice şi termice, în condiţiile curenţilor de scurtcircuit.
PE 107/78	— Normativ pentru proiectarea şi execuţia reţelelor de cabluri electrice.
PE 109/74	— Normativ privind alegerea izolaţiei, coordonarea izolaţiei şi protecţia instalaţiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.
PE 111-7/75	— Instrucţiuni pentru proiectarea staţiilor de conexiuni şi transformare. Circuite secundare.
PE 120/75	— Instrucţiuni pentru compensarea puterii reactive în reţelele electrice de distribuţie exploatate de IRE.
PE 126/73	— Regulament de exploatare tehnică a echipamentelor electrice.
PE 134/74	— Normativ privind metodologia de calcul a curenţilor de scurtcircuit în reţelele electrice cu tensiuni peste 1 kV.
1975	— Norme republicane de protecţie a muncii.
PE 119/71	— Norme de protecţie a muncii pentru instalaţii electrice.
1976	— Condiţii tehnice pentru condensatoare de forţă.
PE 857/74	— Condiţii tehnice pentru celule prefabricate de tip închis de medie tensiune.
PE 869/77	— Condiţii tehnice pentru celule de staţii de tip deschis.
1977	— Condiţii tehnice pentru baterii de condensatoare de medie tensiune.
3E-I91/77	— Instrucţiuni de exploatare, verificare şi întreţinere a bateriilor de condensatoare.
1E-Ip 19/78	— Îndreptar de proiectare pentru bateriile de condensatoare din staţiile de 110 kV/MT.
CEI 70/75 33 (Secretariat/66)	— Condensatoare şunt pentru reţele electrice.
PE 143/80	— Normativ privind limitarea regimului deformant.

1.2.2. Proiecte tip :

R 220/74 — Stații de conexiuni de medie tensiune 6—20 kV cu celule tip deschis.

R 402/75 — Stații de conexiuni 6—10 kV cu celule tip închis.

R 445/76 — Stații de conexiuni 20 kV cu celule tip închis (sistem simplu de bare).

R 447/76 — Detalii pentru montarea condensatoarelor pe partea de MT în stațiile de 110 kV/MT.

1.3. Terminologie utilizată, definiții

1.3.1. Element de condensator (sau element)

Partea indivizibilă a unui condensator, constituită din armături separate printr-un dielectric.

1.3.2. Condensator (sau unitate)

Ansamblu format din unul sau mai multe elemente așezate într-o singură cuvă și legate la bornele de ieșire.

1.3.3. Baterie de condensatoare (sau baterie, treaptă)

Ansamblu de unități monofazate racordate electric între ele pentru a constitui un sistem de conexiune trifazat.

1.3.4. Instalație de condensatoare

Ansamblu constituit din bateria de condensatoare, celulele de medie tensiune de alimentare, cablurile de racordare și dulapurile de comandă și protecție.

1.3.5. Dispozitiv de descărcare

Dispozitiv conectat între bornele sau barele bateriei, capabil să reducă automat, practic la zero, tensiunea reziduală, atunci cînd bateria este separată de rețeaua de alimentare.

1.3.6. Tensiunea nominală a condensatorului (U_n)

Valoarea efectivă a tensiunii între borne pentru care condensatorul a fost conceput să o poată suporta continuu.

1.3.7. Nivel de izolaţie

Combinaţie a valorilor tensiunilor de încercare (la frecvenţă industrială şi la impuls), care caracterizează aptitudinea izolaţiei, dintre bornele de ieşire ale bateriei şi părţile metalice legate la pămînt, de a suporta solicitările dielectrice.

1.3.8. Puterea nominală a condensatorului (Q_n)

Puterea reactivă, la tensiunea nominală şi la frecvenţa nominală, pentru care a fost realizat condensatorul.

1.3.9. Curent nominal

Valoarea efectivă a curentului ce trece printr-o bornă de ieşire a condensatorului, cînd acesta furnizează puterea sa nominală la tensiunea şi frecvenţa nominală.

1.3.10. Capacitate nominală (C_n)

Valoarea proiectată a capacităţii între bornele condensatorului care funcţionează în condiţii de încercare specificate.

1.3.11. Categorie de temperatură

Interval de temperatură definit prin :

a) temperatura minimă a aerului ambiant la care condensatorul poate fi pus sub tensiune şi poate funcţiona ;

b) temperatura maximă a aerului ambiant la care se permite funcţionarea de durată la parametrii nominali ai condensatorului.

1.3.12. Celulă generală de MT

Celula de condensator, racordată direct la barele principale ale staţiei de distribuţie, destinată alimentării unei baterii de condensatoare cu mai multe trepte de putere.

1.3.13. Celulă de treaptă de MT

Celula de condensator destinată alimentării unei trepte de putere a bateriei şi care este alimentată la rîndul ei de la barele principale prin celula generală de MT.

NOTĂ :

În anexa 1 sînt indicate exemple de scheme electrice de alimentare a bateriilor de condensatoare prin celule generale şi de treaptă.

2. SCHEME ELECTRICE DE ALIMENTARE A BATERIILOR DE CONDENSATOARE ŞUNT DE MEDIE TENSIUNE

2.1. Bateriile de condensatoare care se racordează pe partea de medie tensiune a staţiilor de 110 kV vor fi cu comandă manuală sau automată, cu una sau mai multe trepte de putere, cu sau fără celulă generală (anexa 1).

2.2. Bateriile cu o treaptă se alimentează în cablu de la celula de condensator din staţia de distribuţie de 6, 10 sau 20 kV (anexa 1, fig. 1), care este echipată cu următorul aparataj primar :

— separator de bare (în cazul celulelor de tip deschis şi al celulelor de tip închis dublu sistem de bare) ;

— întreruptor automat ;

— transformator de curent ;

— cuţite de legare la pămînt.

2.3. Bateriile cu mai multe trepte (se recomandă maximum trei) pot fi cu celulă generală (anexa 1, fig. 2, 3) sau fără celulă generală (anexa 1, fig. 4, 5) în funcţie de :

— spaţiul disponibil în staţia de distribuţie ;

— rezultatul comparaţiei tehnico-economice a celor două soluţii.

NOTĂ :

Aparatajul de protecţie poate fi montat, după caz, la celula de condensator sau în camera de comandă.

2.4. Bateriile cu mai multe trepte fără celulă generală se recomandă cu prioritate, din următoarele considerente :

— număr redus de celule ;

— schemă de alimentare simplă.

2.5. Bateriile cu mai multe trepte şi celulă generală pot avea celule de treaptă echipate cu întreruptor sau contactor în măsura asimilării acestuia în ţară.

3. SCHEME DE CONEXIUNI PENTRU BATERIILE DE CONDENSATOARE

3.1. Bateriile de condensatoare de MT se amplasează de regulă în staţiile exterioare de 110 kV.

3.2. Amplasarea în interior a bateriilor este necesară numai în cazul zonelor cu grad de poluare III şi IV, cînd se utilizează condensatoare tip ISOKOND care nu sînt destinate funcţionării în astfel de zone (anexa 2, poz. 1 . . . 4).

3.3. Schemele de conexiuni pentru bateriile de condensatoare trifazate şunt de medie tensiune se realizează, de regulă, în dublă stea cu neutrele izolate faţă de pămînt (fig. 1).

3.4. Pe legătura dintre neutre se montează un transformator de curent de tip exterior (ex. CESU-35, 30/5/5 A), cu care se realizează o protecţie diferenţială de curent eficientă în cazul defectelor interne în condensatoare.

3.5. Nu se recomandă proiectarea bateriilor de condensatoare conectate în simplă stea (fig. 2), deoarece această soluţie nu asigură protecţia bateriilor la defecte interne în unităţi.

3.6. Obţinerea bateriilor de o anumită putere se realizează prin conectarea mai multor ramuri în paralel pe fază (fig. 3 şi anexa 4, fila 1), iar pentru obţinerea bateriilor de o anumită tensiune (6, 10 sau 20 kV), atunci cînd tensiunea fiecărui condensator este inferioară celei nominale a reţelei, se conectează în serie pe fază mai multe unităţi (fig. 4 şi anexa 4, fila 2).

NOTĂ :

În cazul utilizării condensatoarelor de tip ISOKOND sau româneşti, bateriile de 6 kV se execută cu o unitate de 3, 64 kV pe fază, iar bateriile de 10 kV şi 20 kV cu o unitate, respectiv două unităţi de 6,3 kV, în serie pe fază.

Detalii privitoare la conectarea condensatoarelor sînt prezentate în proiectul tip R 447/76.

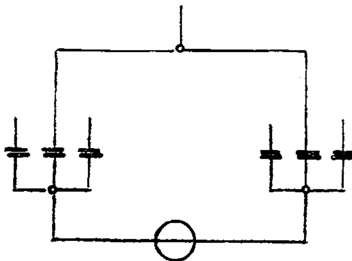


Fig. 1



Fig. 2

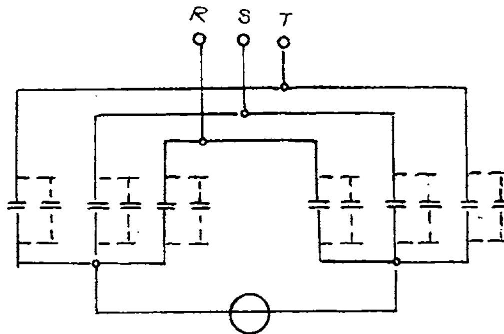


Fig. 3

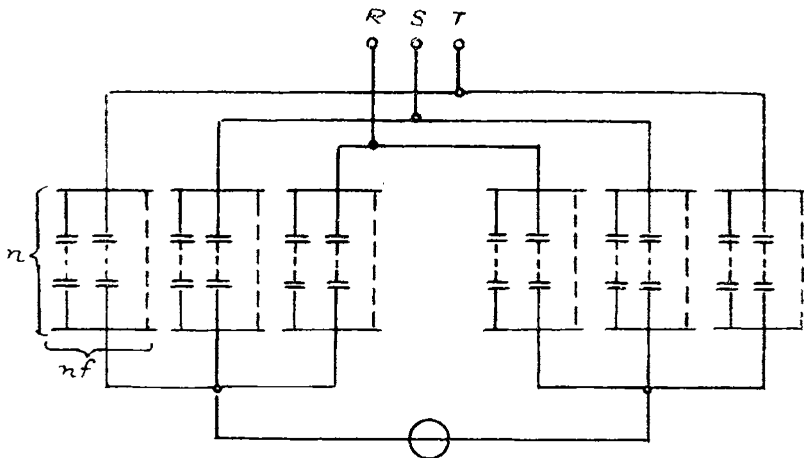


Fig. 4

4. TIPODIMENSIUNI PENTRU BATERII DE CONDENSATOARE ŞUNT DE MT DIN STAŢIILE DE 110 kV/MT

4.1. Bateriile de condensatoare se recomandă a se executa din unităţi monofazate de 100 kVAr, în scopul obţinerii unei puteri mari cu număr minim de condensatoare.

4.2. Bateriile de 6 şi 10 kV se realizează de regulă cu puteri pînă la 3 MVAr pe treaptă.

4.3. Bateriile de 20 kV se pot executa cu puteri pînă la 14 MVAr, pe treaptă, însă din considerente constructive se recomandă maximum 6 MVAr pe treaptă.

4.4. Tipodimensiunile recomandate pentru bateriile cu 1—3 trepte de puteri egale sînt incluse în tabelul 1.

4.5. Puterea unei trepte se determină cu relaţia :

$$Q = N \cdot Qn \text{ (MVAr)}$$

în care :

N este numărul de condensatoare al unei trepte de baterie trifazată ;

Q_n — puterea nominală a unui condensator, MVAr.

Tabelul 1

Nr. crt.	Tensiunea nominală a bateriei, kV	Tensiunea nominală a condensatorului, kV	Nr. de trepte × puterea unei trepte, MVAr
1	6	3,64	1×1,2 1 (2)×1,8 1 (2, 3)×2,4 1×3
2	10	6,3	Idem
3	20	6,3	1 (2)×1,2 1×1,8 1 (2)×2,4 1×4,8 1×6

4.6. Numărul de condensatoare al unei baterii trifazate se obţine cu relaţia :

$$N = 3 \cdot m \cdot n \cdot nf$$

în care :

m este numărul stelelor (m=2 în soluţia recomandată) ;
n — numărul de condensatoare monofazate în serie pe ramură (fig. 4) ;
nf — numărul de ramuri în paralel pe fază şi stea (fig. 4).

5. ALEGEREA ŞI DIMENSIONAREA BATERIILOR

5.1. Încadrarea bateriilor în sistemul energetic

Modul de realizare a compensării şi criteriile tehnico-economice de comparare a variantelor pentru alegerea soluţiei optime de compensare a puterii reactive în reţelele IRE se stabilesc în conformitate cu PE 120 „Instrucţiuni privind compensarea puterii reactive în reţelele de distribuţie exploatate de IRE".

5.1.1. Amplasarea şi dimensionarea corectă a bateriilor de condensatoare şunt se realizează în urma analizei structurii sistemului energetic din zona respectivă şi a ridicării curbei de sarcină reactivă în 24 ore.

5.1.2. În baza variaţiei consumului de energie reactivă se stabileşte tipul bateriei de condensatoare :
— cu o treaptă de putere ;
— cu mai multe trepte.

5.1.3. Adoptarea soluţiei cu trepte se face îndeosebi la bateriile cu puteri mari (ex. peste 1, 2 MVAr).

5.1.4. În scopul evitării amplasării şi punerii în funcţiune a bateriilor de condensatoare în noduri de reţea care prezintă regim deformant peste limita admisă, IRE va comanda la ICEMENERG sau PRAM efectuarea măsurătorilor pentru

depistarea armonicilor perturbatoare înainte de elaborarea proiectelor şi după realizarea investiţiilor, înainte de punerea în funcţiune.

5.1.5. Pentru cazul în care se impune montarea bateriilor în amplasamente unde se semnalează armonici de ordinul 5 şi 7 se vor prevedea filtre de armonici (a se consulta şi normativul PE 143).

5.2. Regimuri de funcţionare a bateriilor şunt

Prezenţa bateriilor de condensatoare în reţelele electrice determină fenomene tranzitorii la conectarea, deconectarea şi descărcarea automată a bateriilor.

5.2.1. Conectarea bateriilor de condensatoare

a) La conectarea bateriilor cu o treaptă de putere se produce un şoc de curent care se calculează cu relaţia simplificată (conform CEI 70) :

$$I_ş \approx I_n \sqrt{\frac{2\ S_k}{Q}}\ \text{(kA)},$$

în care :

In este curentul nominal al bateriei (kA), care se calculează cu relaţia :

$$In = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U_{Mr}};$$

Q — puterea bateriei, MVAr ;

U_{Mr} — tensiunea maximă de serviciu a reţelei, kV ;

S_k — puterea de scurtcircuit pe barele de medie tensiune, MVA.

La conectarea unei trepte dintr-o baterie de condensatoare în paralel cu mai multe trepte în funcţiune, valoarea curentului de şoc se calculează cu relaţia simplificată :

$$I_ş = \frac{U\sqrt{2}}{\sqrt{X_C + X_L}}\quad \text{(kA)},$$

în care :

U este tensiunea de fază, kV ;

X_C — reactanţa capacitivă totală pe fază, kΩ ;

X_L — reactanţa inductivă pe fază între trepte, kΩ.

La depăşirea şocului de curent în cazul bateriilor cu mai multe trepte se recomandă mărirea lungimii cablurilor de racord.

NOTĂ :

Pentru relaţii de calcul suplimentare se va consulta „Îndreptarul de proiectare pentru bateriile de condensatoare din staţiile de 110 kV/MT" indicativ 1.E.-Ip 19-78.

Valoarea curentului de conectare nu trebuie să depăşească valoarea curentului de şoc al întreruptorului folosit ca aparat de comutare.

Curentul de conectare, deşi are o valoare mare, nu produce în reţea efecte defavorabile, datorită duratei scurte.

b) La conectarea bateriilor de condensatoare şunt se produce un şoc de tensiune pe barele de medie tensiune, care nu trebuie să depăşească 3% din tensiunea nominală a reţelei şi care se calculează cu relaţia din PE 120 :

$$\Delta U\% = \frac{Q}{S_k} \cdot 100$$

La depăşirea şocului de tensiune admisibil se recomandă funcţionarea bateriei în trepte chiar dacă din alte considerente de proiectare (necesar de reactiv şi curba de variaţie a acestuia) nu se impune fracţionarea bateriei.

Conectarea unei baterii se execută numai dacă aceasta este complet descărcată, deoarece pot apare supratensiuni şi supracurenţi de valori mari, care pot conduce la deteriorarea instalaţiei şi la perturbaţii în sistemul energetic.

5.2.2. Deconectarea bateriei

Fenomenul de deconectare a bateriilor de condensatoare este dependent de caracteristicile întreruptorului, respectiv de curentul capacitiv maxim care poate fi rupt de acesta.

5.2.3. Descărcarea bateriei

Regimul de descărcare a bateriilor de condensatoare se impune din considerentele expuse la pct. 5.2.1. b., precum şi în scopul asigurării desfăşurării lucrărilor de revizii şi reparaţii în condiţii depline de securitate a muncii.

În procesul de descărcare a unei baterii de condensatoare interesează îndeosebi timpul în care are loc descărcarea, astfel ca tensiunea remanentă la bornele bateriei să nu prezinte pericol pentru personalul de exploatare.

În acest scop bateria se prevede cu o instalaţie fixă de descărcare, avînd rolul ca după deconectare să asigure reducerea tensiunii sub 50 V într-un timp de maximum 5 min. Descărcarea se face automat, prin înfăşurările a două transformatoare de tensiune bifazate, conectate în triunghi deschis şi racordate nemijlocit la bornele bateriei de condensatoare (a treptei) fără aparate de conectare sau protecţie.

Înfăşurările primare ale transformatoarelor se conectează ca în figura 5.

Pentru asigurarea parametrilor indicaţi mai sus rezistenţa circuitului de descărcare se calculează cu relaţia :

$$R \leqslant \frac{t}{C \ln \frac{U_n\sqrt{2}}{U_R}} \quad (M\Omega)$$

în care :

t = 300 s, timpul maxim admis pentru descărcare de la $U_n\sqrt{2}$ la U_R;

C este capacitatea baterie (sau a treptei) pe fază, μF ;

U_n — tensiunea nominală a bateriei, V ;

U_R = 50 V, tensiunea reziduală admisă.

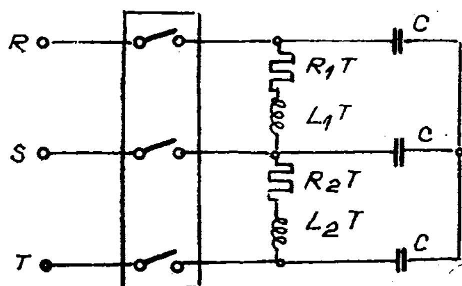


Fig. 5. Schema echivalentă a unei baterii de condensatoare descărcată prin două transformatoare de tensiune în triunghi deschis.

5.3. Condiţii de funcţionare

5.3.1. Repartiţia condensatoarelor pe fază se va face cu o abatere maximă a capacităţilor de la :

— 0 la+10% pentru bateriile cu puterea nominală inferioară sau egală cu 3 MVAr şi

— 0 la+5% pentru bateriile cu puterea nominală peste 3 MVAr.

5.3.2. Bateria de condensatoare trebuie să suporte în funcţionare continuă un curent de maximum 1,3 In. Ţinînd seama de toleranţa de capacitate de 1,1 Cn, curentul maxim posibil poate fi de 1,43 In (1,3 × 1,1 In) valoare de care trebuie să se ţină seamă la dimensionarea aparatelor de comandă şi protecţie şi a racordurilor.

5.3.3. Bateriile de condensatoare trebuie să suporte timp nelimitat o supratensiune de 1,1 Un.

5.3.4. Factorul deformant al undei de tensiune în nodul de reţea unde se instalează bateria trebuie să fie de maximum 5% (determinat prin măsurători).

5.3.5. Categoria de temperatură recomandată pentru bateriile de condensatoare este de —30°C/+40°C.

5.3.6. Condensatoarele pot funcţiona la temperaturi inferioare celei minime a aerului ambiant, corespunzătoare categoriei de temperatură, cu condiţia de a se evita punerea sub tensiune la aceste temperaturi.

5.4. Instalaţii de comandă şi control aferente bateriilor de condensatoare

5.4.1. Instalaţii de protecţie prin relee

Bateriile de condensatoare de medie tensiune vor fi prevăzute cu următoarele tipuri de protecţii prin relee :

a) *Protecţia maximală de curent* protejează bateria de condensatoare în cazul creşterii curentului peste valorile nominale. Se va realiza în două trepte de reglaj cu relee maximale

de curent care acționează declanșarea întreruptorului în celula generală. Releele sînt alimentate de transformatoarele de curent din celula de condensator.

Reglajul curentului se va face astfel :

Treapta I acționează la scurtcircuit în baterie și se reglează la 3 In al bateriei de condensatoare :

$$Ipr_1 = Ksig \cdot \frac{I_{k.\,max.}}{n_c}$$

în care :

Ksig = 1,3 (coeficient de siguranță) ;
$I_{k.\,max.} \cong$ 3 In (curentul nominal al bateriei de condensatoare, A) ;
n_c — raport de transformare al transformatoarelor de curent din celula de condensator.

Temporizarea se va regla între 0,2—0,5 s, astfel încît această protecție să nu comande declanșarea întreruptorului la curentul de șoc provocat de anclanșarea bateriei.

Treapta a II-a acționează la suprasarcină și se reglează la 1,3 In al bateriei de condensatoare :

$$Ipr_2 = \frac{Ksig}{Krev} \cdot \frac{Isarc \cdot max}{n_c}$$

în care :

Ksig = 1,15—1,25 ;
Krev = 0,85 ;
Isarc. max $\cong$ 1,3 In.

Temporizarea se va regla între 1—5 s, cel puțin o treaptă de timp peste cea mai mare temporizare a protecției maximale de curent din stație, astfel încît în cazul unor nesimetrii de tensiune să nu se supraîncarce bateria.

b) *Protecția maximală de tensiune* pe bare protejează bateria de condensatoare împotriva creșterilor de tensiune peste limita de 10% admisă de baterie. Se va executa cu trei relee maximale de tensiune alimentate din celula de măsură de pe barele de medie tensiune la care se conectează bateria. Această protecție acționează cu temporizare declanșarea întreruptorului din celula generală.

Reglajul protecţiei se va face astfel :

$$U_{pr} = \frac{Ksig}{Krev.} \cdot \frac{1{,}1\ U_n}{n_T}$$

în care :

Ksig = 1,1 ;
Krev = 0,85 ;
U_n — tensiunea nominală a barelor de MT (6, 10, 20 kV) ;
n_T — raportul de transformare al transformatoarelor de tensiune din celula de măsură.

Temporizarea va fi între 1—5 s cel puţin o treaptă de timp peste cea mai mare temporizare a protecţiei din staţie.

c) *Protecţia de minimă tensiune* acţionează în cazul scăderii tensiunii pe bara la care este racordată bateria, de regulă în pauzele de tensiune provocate de AAR, în scopul evitării unor supratensiuni periculoase ce pot apare la anclanşarea întreruptorului sursei, dacă acţionarea AAR găseşte întreruptorul bateriei anclanşat (bateria nedescărcată).

Se va realiza cu două relee de minimă tensiune, alimentate de la transformatoarele de tensiune din celula de măsură de pe barele de MT la care se racordează bateria.

Reglajul protecţiei se va face astfel :

$$U_{pr} = \frac{1}{Ksig \cdot Krev} \cdot \frac{0{,}6\ U_n}{n_T}$$

în care :

Ksig = 1,1 — 1,15 ;
Krev = 1,15 ;
0,6 U_n — tensiunea la care va acţiona protecţia.

Temporizarea se va regla între 0—5 s, cu o treaptă de timp inferioară timpului de acţionare al AAR.

NOTĂ :

În cazul în care staţia de MT este prevăzută cu AAR rapid, aceasta, la declanşarea întreruptorului sursei de alimentare, va comanda şi declanşarea întreruptorului bateriei.

d) *Protecția diferențială de curent* este o protecție de bază împotriva defectelor interne în condensatoare.

Se va executa cu un releu maximal de curent cu posibilități de reglaj de la 0 la 5 A, alimentat de la un transformator de curent (ex. tip CESU-35, 30/5/5 A pentru baterii exterioare), conectat între punctele neutre ale stelelor bateriei de condensatoare (fig. 1, 3, 4).

Curentul din primarul transformatorului de curent, în funcție de numărul de elemente clacate dintr-un condensator, se calculează cu relația :

$$i_r = \frac{In}{2} \cdot \frac{q}{p-q}$$

în care :

In este curentul nominal al condensatorului defect, A ;

q — numărul grupelor de elemente în scurtcircuit din condensatorul defect, care conduc la declanșare ;

p — numărul grupelor de elemente în serie dintr-un condensator.

Reglajul protecției se va face cu formula :

$$Ipr = Ki \frac{ir}{n_c}$$

în care :

Ki 1,5 (coeficient de desensibilizare) ;

n_c — raport de transformare al transformatorului de curent.

Temporizarea se va regla la 0,3 s pentru evitarea declanșărilor la conectarea bateriei sau la un scurtcircuit în rețea.

NOTĂ :

a) *Protecția bateriilor de condensatoare mai prevede declanșarea temporizată a întreruptorului sursei de alimentare (din amonte), pentru cazul unui refuz de declanșare a întreruptorului bateriei la acționarea protecțiilor proprii (DRRI).*

b) *Circuitele de protecţie ale unei baterii de condensatoare pot fi amplasate fie centralizat, în dulapuri de protecţie amplasate în camera de comandă a staţiei, fie descentralizat, în compartimentul de aparate al celulei de condensator respective.*

Alegerea soluţiei se face în funcţie de spaţiul disponibil în camera de comandă.

5.4.2. Circuite de comandă

a) Bateriile de condensatoare trifazate de medie tensiune din staţiile de 110 kV/MT pot fi comandate manual sau automat.

b) Comanda manuală a bateriilor se realizează în cazul staţiilor cu personal de exploatare şi, de regulă, la bateriile cu o singură treaptă de putere.

c) Comanda manuală se face în funcţie de indicaţiile varmetrului.

d) Comanda automată a bateriilor se impune la staţiile fără personal de exploatare şi, de regulă, la bateriile cu mai multe trepte.

e) Comanda întreruptorului din celula de condensator racordată direct la barele staţiei se poate efectua la faţa locului prin buton şi de la distanţă, din camera de comandă, manual sau automat.

f) Comanda automată a unei baterii de condensatoare se execută cu un bloc de comandă automată (BCA) montat în dulapul de comandă corespunzător. Acest aparat, care este un regulator electric tranzistorizat, asigură un reglaj automat al puterii reactive debitate de baterie.

5.4.3. Circuite de control

a) *Circuitele de măsură* vor include următoarele aparate :

— p e c e l u l ă : ampermetru şi contor de energie reactivă;

— p e d u l a p u l d e c o m a n d ă ş i p r o t e c ţ i e : varmetru cu zero la mijloc, conectat pe partea de MT a transformatoarelor de 110 kV/MT şi voltmetru pentru măsurarea tensiunii în circuitul bateriei.

b) *Circuitele de semnalizare* vor prevedea următoarele semnalizări :

— semnalizare optică de poziție ;

— semnalizare de avarie ;

— semnalizare preventivă.

c) *Circuitele de blocaj* vor realiza :

— blocarea anclanșării întreruptorului bateriei înainte de descărcarea acesteia ;

— blocarea accesului personalului de exploatare în incinta bateriei de condensatoare.

6. INSTALAREA BATERIILOR DE CONDENSATOARE

6.1. Niveluri de izolație ale condensatoarelor

Nivelul de izolație al condensatoarelor se alege, de regulă, conform STAS 6489, corespunzător tensiunii maxime pentru care este realizată unitatea.

6.2. Niveluri de izolație ale bateriilor de condensatoare

6.2.1. Nivelul de izolație a unei baterii de condensatoare trebuie să corespundă cu acela al rețelei la care este racordată.

6.2.2. Bateriile cu neutrul izolat trebuie să aibă față de pămînt nivelul de izolație prescris în tabelul 2.

6.2.3. Nivelul de izolație pe o fază a bateriei de condensatoare trebuie să fie cel puțin egal cu suma nivelurilor de izolație a unităților care sînt în paralel cu aceeași fază.

6.2.4. Izolația dintre conductoarele de alimentare a bateriei trebuie să aibă nivelul recomandat în tabelul 2.

6.2.5. Izolația dintre fazele bateriei în cazul montării suprapuse a fazelor trebuie să fie cel puțin egală cu valoarea izolației dintre conductoarele de alimentare.

6.2.6. La alegerea nivelului de izolație al bateriilor se vor lua în considerare următoarele :

Tabelul 2

Nr. crt.	Tensiunea cea mai ridicată pentru condensator, kV, valoare efectivă	Nivel de izolaţie	
		Tensiunea nominală de ţinere la frecvenţa industrială, kV, valoare efectivă	Tensiunea nominală de ţinere la unda de impuls, kV, valoare de vîrf
1	1,2	6	25
2	7,2	20	60
3	12,0	28	75
4	24,0	50	125

NOTĂ: Valorile de la poziţia 1 corespund condensatoarelor tip KC 1,05 kV (U.R.S.S.).

a) în cazul în care nivelul de izolaţie a condensatoarelor este identic cu acela al bateriei (cazul bateriilor fără unităţi în serie pe fază), nu este necesară realizarea unei izolaţii exterioare suplimentare a unităţilor sau stativelor bateriei ;

b) în cazul în care nivelul de izolaţie a unităţilor este inferior celui al bateriei (cazul bateriilor cu unităţi în serie pe fază), se impune executarea unei izolaţii exterioare suplimentare a unităţilor sau a stativelor.

6.3. Montarea bateriilor în exterior

6.3.1. Bateriile de condensatoare exterioare se instalează în spaţii îngrădite cu panouri din plasă de sîrmă.

6.3.2. Fiecare treaptă de putere a unei baterii de condensatoare se prevede cu împrejmuire proprie pentru crearea posibilităţii executării unor lucrări de revizii la o treaptă, cealaltă fiind în funcţiune.

6.3.3. Poarta împrejmuirii se prevede cu un blocaj electromagnetic faţă de poziţia închis a cuţitelor de legare la pămînt din celula de condensator (fig. 6).

6.3.4. Bateriile se montează pe stative metalice protejate împotriva coroziunii şi confecţionate, de regulă, din profile de oţel cu pereţi subţiri laminate la rece. Stativele se fixează în fundaţii de beton.

a) Izolarea stativelor față de pămînt (dacă este cazul) se execută cu suporturi izolante din porțelan tip 20 PB-124/4, NID 2769-70.

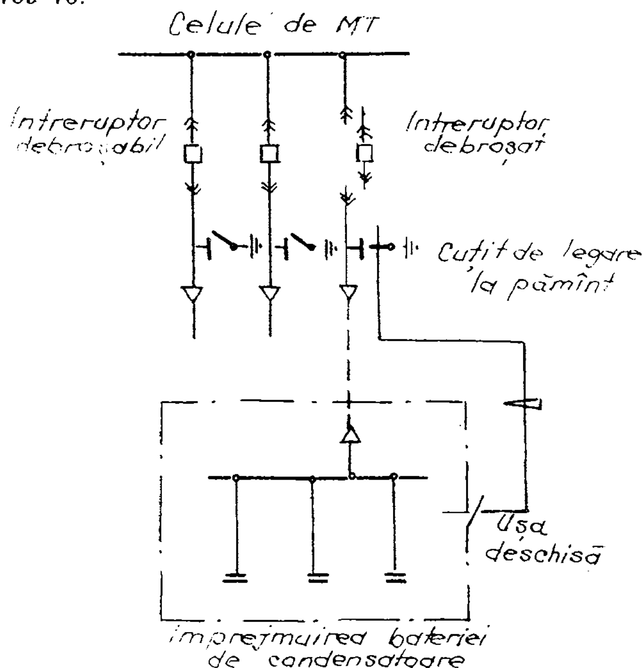


Fig. 6

b) Bateriile cu stative izolate se realizează cu fazele RST izolate față de pămînt și între ele.

c) Stativele se racordează la centura de legare la pămînt a bateriei direct sau prin intermediul unui cuțit de legare la pămînt, după cum stativul este neizolat sau izolat față de pămînt.

d) Stativele se vor verifica la seism în conformitate cu normativul P 100 și cu STAS 11100/1-77 „Zonare seismică. Macrozonarea teritoriului Republicii Socialiste România".

6.3.5. Condensatoarele se aleg în proiect cu linia de fugă corespunzătoare gradului de poluare a zonei, conform tabelului 3.

Tabelul 3

Tipul zonei	Gradul de poluare al zonei	Lungimea liniei de fugă specifică minimă a izolatorului condensatorului, cm/kV
Nepoluată	I	1,7
Ușor poluată	II	1,8
Poluată	III	2,7
Intens poluată	IV	3,5

6.3.6. Înainte de montare condensatoarele trebuie descărcate prin scurtcircuitarea bornelor cu o ștangă izolantă.

6.3.7. Înainte de montare condensatoarele trebuie măsurate și sortate astfel încît la montaj să se obțină ramuri cît mai echilibrate, conform toleranțelor de capacitate (pct. 5.3.1.), în vederea sensibilizării protecției diferențiale.

Echilibrarea bateriei se face astfel :

a) se întocmește lista cu valorile capacităților clasate în ordine crescătoare sau descrescătoare ; aceste valori se pot înscrie după borderourile de livrare sau după plăcuțele indicatoare ;

b) respectînd ordinea de pe listă, se împarte lotul în două grupuri multiplu de trei, cele două grupuri avînd de preferință același număr de unități, dar pot diferi cu multiplu de trei ;

c) se formează prima stea, repartizînd prima unitate pe faza R, a doua pe faza S și a treia și a patra pe faza T etc.

După ce toate unitățile destinate primei stele sînt repartizate, se obține dispoziția indicată în tabelul 4.

Tabelul 4

Faza	Numărul condensatorului			
R	1	6	7	12 etc.
S	2	5	8	11 etc.
T	3	4	9	10 etc.

NOTĂ: În același mod se formează și cea de-a doua stea. Cu această metodă se obține o echilibrare satisfăcătoare. Se poate aplica și la extinderea bateriilor existente, cu condiția ca acestea să fie bine echilibrate. În acest caz, după montarea unităților noi se va proceda la o verificare a echilibrării bateriei în conformitate cu instrucțiunile de exploatare a bateriilor de condensatoare.

6.3.8. Condensatoarele se montează, de regulă, în poziţie verticală, avînd distanţa dintre bazele cuvelor prescrisă de fabricant în instrucţiunile care însoţesc furnitura.

6.3.9. Condensatoarele se montează pe stative astfel încît plăcuţele cu date tehnice şi avertizoare să fie uşor vizibile personalului de exploatare.

6.3.10. Nu se admite instalarea bateriilor în amplasamente cu vibraţii sau şocuri.

6.3.11. Legăturile dintre aparate şi la acestea se vor executa, de regulă, cu bare din aluminiu şi conductoare din oţel-aluminiu.

Locurile de îmbinare a conductoarelor din metal diferite se vor proteja împotriva coroziunii.

6.3.12. Conexiunile dintre unităţi se execută cu conductoare flexibile, pentru evitarea solicitării bornelor la eforturi mecanice. Prinderea prin şuruburi trebuie executată astfel încît să se obţină o presiune de contact de durată.

6.3.13. Strîngerea piuliţelor pe bolţul bornei se recomandă a se face cu o cheie avînd moment de strîngere reglabil (borna va fi ţinută cu cheia sub piuliţa de strîngere, pentru evitarea deteriorării izolatorului).

6.3.14. Cuvele condensatoarelor se leagă galvanic cu stativele prin intermediul şurubului special destinat. Fixarea cuvelor se face astfel încît să existe spaţii pentru legarea conductorului de protecţie.

6.3.15. Împrejmuirea metalică a bateriei, cutiile terminale şi carcasele diverselor aparate electrice din incintă se vor racorda la centura de legare la pămînt a bateriei, amplasată în afara incintei şi racordată la priza staţiei, în conformitate cu detaliile din proiectele tip în vigoare.

6.3.16. Protecţia bateriilor de condensatoare împotriva radiaţiilor solare, în cazul cînd este indicată de fabricant se realizează cu un parasolar executat din material uşor, rezistent la foc şi la intemperii.

6.3.17. În incinta bateriei se amplasează, de regulă, transformatoarele de măsură necesare protecţiei diferenţiale şi descărcării automate a bateriei de condensatoare.

Transformatoarele de tensiune pentru descărcare vor fi de tip bifazat și se vor conecta între faze, conform figurii 5.

6.3.18. Protecția bateriilor de condensatoare împotriva loviturilor directe de trăsnet se va realiza prin încadrarea acestora în zona de protecție a stației respective, sau prin extinderea instalației de paratrăsnet a stației.

6.4. Montarea bateriilor în interior

6.4.1. Bateriile de condensatoare interioare se montează pe stative metalice fixate în pardoseala încăperii.

6.4.2. Detaliile privind instalarea condensatoarelor și a aparatelor din incinta bateriei sînt conform pct. 6.3.4., 6.3.6., 6.3.7., 6.3.15., 6.3.17.

6.4.3. Condensatoarele trebuie dispuse astfel încît să permită evacuarea prin radiație și convecție a căldurii produse de pierderi.

6.4.4. Ventilația încăperii în care se află bateria de condensatoare trebuie să asigure o bună circulație a aerului în jurul fiecărei unități, fapt deosebit de important pentru condensatoarele dispuse pe mai multe niveluri.

a) **Ventilația naturală**

Suprafața golurilor de ventilație (admisie sau evacuare) a aerului se va determina cu formula :

$$F = \frac{Q}{\sqrt{h}} \quad (m^2)$$

în care :

Q este puterea barei de condensatoare, MVAr ;

h — distanța dintre centrele golurilor de admisie și evacuare, m.

Golul de evacuare se recomandă a se executa cu 10% mai mare decît cel de admisie. Suprafețele calculate trebuie majorate cu suprafețele jaluzelelor și ale sitelor.

b) **Ventilaţia forţată**

În cazul în care ventilaţia naturală organizată nu asigură scăderea temperaturii aerului de răcire pînă la nivelul admis, trebuie prevăzută o ventilaţie mecanică, conectată după necesităţi, ce se va calcula în conformitate cu normativele M.E.E. în vigoare. În această situaţie valoarea medie în timp de 1 h a temperaturii aerului de răcire nu trebuie să depăşească cu mai mult de 5°C temperatura indicată în anexa 2.

6.4.5. Încăperea bateriei de condensatoare trebuie să fie uscată, sigură din punctul de vedere al protecţiei contra incendiilor şi contra exploziilor, fără praf, fără gaze agresive şi să nu fie expusă la acţiunea unor temperaturi ridicate.

6.4.6. Dacă încăperea respectivă este prevăzută cu ferestre, bateria nu trebuie să fie expusă la lumina directă.

6.4.7. În cazul în care lungimea încăperii bateriei de condensatoare depăşeşte 10 m, trebuie prevăzute două ieşiri aşezate cît mai departe una de alta.

7. CONDIŢII DE ÎNTREŢINERE ŞI EXPLOATARE A BATERIILOR DE CONDENSATOARE

7.1. Bateria de condensatoare poate fi conectată la reţea cînd este complet descărcată. Conectarea bateriilor la reţea în stare încărcată poate produce, în momentul conectării, supratensiuni şi supracurenţi.

7.2. Conectarea bateriilor după o deconectare repetată accidentală (de avarie) se admite numai după înlăturarea cauzelor care au condus la deconectare.

7.3. Bateria se scoate de sub tensiune în următoarele cazuri :

— străpungerea elementelor ;
— străpungerea la masă ;
— scurgerea dielectricului ;
— deteriorarea izolatoarelor din porţelan ;
— bombarea cuvei ;

— depăşirea tensiunii normate cu peste 10% ;
— depăşirea temperaturii mediului ambiant ;
— neuniformitatea sarcinii pe faze depăşeşte 10% ;
— curentul pe baterie creşte peste limita corespunzătoare unei supraîncălziri de 30% ;
— factorul deformant al undei de tensiune depăşeşte 5%.

7.4. La scoaterea condensatoarelor din funcţiune pentru revizii trebuie luate următoarele măsuri :

a) deconectarea întreruptorului bateriei ;
b) urmărirea scăderii tensiunii la zero pe transformatoarele de descărcare ;
c) luarea măsurilor de protecţie a muncii conform cap. 8.

7.5. Pe lîngă descărcarea automată, se execută şi o descărcare suplimentară cu ştanga izolantă, care va scurtcircuita bornele condensatorului timp de 5 secunde.

7.6. După terminarea lucrărilor se îndepărtează toate legăturile de scurtcircuitare din zona condensatoarelor şi de la celulă (unelte etc.).

7.7. Controlul vizual al bateriei se va efectua zilnic (unde este posibil) şi se va urmări :

— apariţia unui zgomot ;
— conturnările ;
— scurgerile de dielectric, bombarea pereţilor cuvei condensatoarelor.

7.8. Curăţarea de praf a suprafeţei condensatoarelor se va face lunar, în primul semestru de la darea în exploatare ; după acest interval se va face cu ocazia reviziilor planificate.

7.9. Verificarea capacităţii condensatoarelor şi a ramurilor se va face trimestrial în primul semestru de exploatare, iar în continuare conform PE 116.

7.10. La instalaţiile de condensatoare se vor efectua următoarele verificări profilactice, conform PE 116 :

— închiderea perfectă a contactelor întreruptoarelor (abatere de nesimultaneitate de maximum 5 ms) ;
— starea transformatoarelor de tensiune printr-o descărcare a bateriei ;
— starea legăturilor la baterie ;
— starea cuţitelor de legare la pămînt ;

— reglajul şi funcţionarea releelor, BCA ;
— verificarea instalaţiei de legare la pămînt ;
— măsurarea timpului de descărcare a bateriei care nu trebuie să depăşească 5 minute pentru ca tensiunea la borne să scadă la valori sub 50 V ;
— verificarea factorului deformant al undei de tensiune în nodul de reţea unde se instalează bateria, precum şi caracteristicile circuitului.

7.11. Păstrarea şi transportul condensatoarelor trebuie efectuate în ambalaj în conformitate cu instrucţiunile fabricantului, care însoţesc furnitura.

7.12. De regulă condensatoarele trebuie păstrate în poziţie verticală, cu bornele în sus. Nu se admite aşezarea suprapusă a unităţilor, mişcarea şi ridicarea lor la borne.

7.13. Se admite păstrarea condensatoarelor fără ambalaj în încăperi închise.

7.14. Distanţa minimă dintre condensatoarele alăturate trebuie să fie de 20 mm.

7.15. Nu se admite păstrarea condensatoarelor în încăperi cu pericol de incendiu sau explozii, cu gaze care atacă metalul sau izolatoarele. Nu se admite păstrarea unităţilor în apropierea surselor de căldură.

7.16. Deoarece condensatoarele utilizate pentru bateriile de medie tensiune au, de regulă, impregnantul pe bază de clordifenil, se impune luarea următoarelor măsuri pentru împiedicarea poluării zonei cu această substanţă foarte toxică :

a) Terenul incintei bateriilor se va amenaja cu umplutură de pietriş, pentru prevenirea împrăştierii impregnantului pe sol în cazul scurgerii din cuve.

Detaliile privind amenajările de teren necesare sînt cuprinse în proiectul tip R 447-76 privind : „Detalii pentru montarea condensatoarelor pe partea de MT în staţiile de 110 kV/MT".

b) În cazul apariţiei scurgerilor de impregnant, condensatorul trebuie trimis la constructor pentru reparaţie.

c) Impregnantul scurs trebuie acoperit cu rumeguş sau cu deşeuri textile, după care se arde la temperaturi înalte (circa 800°C).

d) Curăţarea condensatoarelor şi a stativelor acoperite cu impregnant se poate realiza cu solvenţi ca tricloretilena şi xilena, cu care vor fi dotate unităţile de exploatare a bateriilor de condensatoare.

e) Măsurile indicate la pct. a — e trebuie completate cu recomandările incluse în instrucţiunile furnizorului de condensatoare.

7.17. Condensatoarele defecte trebuie scurtcircuitate printr-un conductor (de la izolatoare spre cuvă). În timpul transportului se menţine conductorul de scurtcircuitare în aceeaşi poziţie.

◆ 8. MĂSURI SPECIFICE DE PROTECŢIE A MUNCII ŞI DE PREVENIRE ŞI STINGERE A INCENDIILOR

8.1. Condiţiile de tehnică a securităţii muncii s-au elaborat în ipoteza că bateriile de condensatoare nu prezintă pericol de incendiu.

8.2. În ceea ce priveşte pericolul de explozie, acesta nu este exclus. Măsurile de a împrejmui incinta fiecărei baterii (sau trepte), de a bloca electromagnetic poarta în timpul funcţionării şi de a evita amplasarea bateriilor lîngă căile cu circulaţie frecventă sînt satisfăcătoare.

8.3. Lucrările la instalaţia de condensatoare se vor executa cu întreruperea totală a tensiunii, cu respectarea măsurilor organizatorice de protecţie a muncii pentru executarea de lucrări în instalaţia intrată în exploatare, conform NPM în vigoare şi a instrucţiunilor specifice.

8.4. Fiecare condensator este prevăzut cu o placă inscripţionată, în care se dau indicaţii privind atingerea bornelor. De exemplu, condensatoarele româneşti vor avea următoarea inscripţie avertizoare :

„Înainte de a atinge bornele cu mîna, scurtcircuitaţi-le şi legaţi la pămînt“.

8.5. Dacă bateria nu este conectată la rețea mai mult timp, va fi ținută legată la pămînt prin cuțitele respective la bateriile izolate față de sol (pardoseală) sau prin scurtcircuitoare la bateriile cu stative neizolate.

8.6. Pe poarta (ușa) incintei bateriei se fixează o plăcuță avertizoare cu inscripția :

ATENȚIE !
ÎNALTĂ TENSIUNE.
PERICOL DE MOARTE.

8.7. Ca **măsuri de igienă a muncii** se vor respecta următoarele indicații :

8.7.1. Se va evita atingerea cu mîna descoperită a condensatoarelor care prezintă scurgeri dielectrice, întrucît acestea sînt toxice și nebiodegradabile.

8.7.2. În scopul prevenirii eventualelor îmbolnăviri prin pătrunderea impregnantului în organism, prin piele sau aparatul respirator, trebuie să se respecte următoarele :

a) după manipularea condensatoarelor se vor spăla mîinile cu apă caldă și săpun și se vor unge cu o cremă protectoare cu glicerină ;

b) dacă impregnantul a pătruns în ochi, aceștia trebuie clătiți cu o soluție de acid boric 3%.

8.8. Ca **măsuri de prevenire și stingere a incendiilor** se vor respecta următoarele indicații :

8.8.1. În incintele bateriilor de condensatoare este interzisă depozitarea oricăror materiale sau obiecte care nu au legătură directă cu exploatarea instalațiilor respective.

8.8.2. În caz de incendiu se va scoate de sub tensiune instalația respectivă precum și instalațiile vecine periclitate.

8.8.3. Dacă se produc depuneri periculoase de funingine pe izolatoarele instalațiilor rămase în funcțiune, acestea vor fi scoase de sub tensiune.

8.8.4. Pentru prevenirea incendiilor în gospodăria de cabluri aferentă instalației de condensatoare, se vor prevedea :

— îndepărtarea iutei şi a bitumului, dacă este cazul, la cablurile pozate în interior ;

— ignifugarea cablurilor de circuite primare şi secundare de interior ;

— izolarea intrării cablurilor în clădire cu material incombustibil ;

— asigurarea stingerii eventualelor incendii cu mijloace existente la dotarea staţiei, conform proiectelor tip în vigoare.

9. EXEMPLU DE CALCUL

9.1. Modul de realizare a compensării şi criteriile tehnico-economice de comparare a variantelor pentru alegerea soluţiei optime de compensare a puterii reactive în reţelele IRE se stabilesc în conformitate cu PE 120 „Instrucţiuni privind compensarea puterii reactive în reţelele de distribuţie exploatate de IRE“.

9.2. Amplasarea în teritoriu a bateriilor de condensatoare se face potrivit studiilor de dezvoltare a reţelelor electrice, avînd în vedere necesităţile de satisfacere a consumului de energie reactivă în scopul organizării funcţionării economice şi a posibilităţii funcţionării în ansamblu a reţelelor de transport.

9.3. Din analiza situaţiei energetice şi a graficului de variaţie a puterii reactive în 24 h rezultă următoarele **date necesare pentru proiectare :**

a) puterea necesară de compensat Q = 2,4 MVAr ;

b) baterie trifazată cu o treaptă realizată din două stele ;

c) amplasamentul bateriei într-o staţie de 110/20 kV pe barele de 20 kV ;

d) condensatorul utilizat este de tip LKCF 100/6,3 E, monofazat, de exterior, cu ambele borne izolate şi avînd următoarele caracteristici :

— Un = 6,3 kV ;

— Cn = 8μF ;

— f = 50 Hz ;

— Qn = 100 kVAr ;

Tabelul 5

Tipul întreruptorului	Curentul de rupere capacitiv Ic, A	Curentul de şoc maxim Iş, kA
IUPM-10/630	230	—
IO-10/630	315	52
IO-15/630	170	60
IO-20/630	400	43

— toleranţa de capacitate : $0 \div +10\%$;
— celula de condensator este echipată cu întreruptor IO-20/630 A, care are următoarele performanţe :
— curent de rupere în regim capacitiv : 400 A ;
— curent de şoc maxim : 43 kA ;
— puterea de scurtcircuit pe barele staţiei de 20 kV, $S_{sc} = 250$ MVA.

În tabelul 5 se dau unele caracteristici ale întreruptoarelor folosite frecvent la celulele de staţii de MT.

9.4. Dimensionarea bateriei

9.4.1. Tensiunea nominală a bateriei

Tensiunea nominală a reţelei $U_{nr} = 20$ kV
Tensiunea maximă de serviciu a reţelei :

$$U_{Mr} = U_{nr} + 5\%\, U_{nr} = 21 \text{ kV}$$

Pentru realizarea conexiunii în stea este necesar ca :

$$\frac{U_{Mr}}{\sqrt{3}} \leqslant U_n \qquad (1)$$

în care :

U_n este tensiunea nominală a condensatorului.

$$\frac{21}{\sqrt{3}} = 12 \text{ kV} > 6{,}3 \text{ kV}$$

Nefiind îndeplinită relația (1), se aplică relația (2) :

$$\frac{U_{Mr}}{\sqrt{3}} \leqslant n\ U_n \text{, de unde rezultă } n \geqslant \frac{U_{Mr}}{\sqrt{3}\ U_n};$$

$$n = \frac{21}{\sqrt{3}\cdot 6{,}3} = 1{,}93$$

Se aleg două condensatoare în serie pe ramură.

9.4.2. Puterea nominală a bateriei

Condiția de anclanșare, rezultată din relația de la punctul 5.2.1. b, este :

$$\frac{S_K}{Q} \geqslant 33{,}3\ ;$$

$$\frac{250}{2{,}4} = 104 > 33{,}3$$

Față de puterea maximă capacitivă ce poate fi deconectată de întreruptorul IO-20/630 A (obținută din relația $In = \frac{Q}{\sqrt{3}\ U_n}$ de la pct. 5.2.1. a și ținînd seamă de condiția de funcționare de 1,43 In de la pct. 5.3.2.), rezultă :

$$Q \leqslant \sqrt{3}\frac{Ic}{1{,}43}U_{Mr}$$

$$Q \leqslant \sqrt{3}\frac{0{,}4}{1{,}43}\cdot 21 = 10{,}2 \text{ MVAr.}$$

Deci 2,4 MVAr (necesar) < 10,2 MVAr (posibil).

9.4.3. Numărul de condensatoare ale bateriei

Conform punctelor 4.5. și 4.6.

$$N = \frac{Q}{Qn} = \frac{2{,}4}{0{,}1} = 24$$

Pentru conexiunea cu două stele (m), cu două condensatoare în serie pe ramură (n), rezultă un număr de ramuri în paralel :

$$n_f = \frac{N}{3.m.n.} = \frac{24}{3.2.2.} = 2 \text{ (fig. 4 și anexa 4)}$$

9.5. Verificarea bateriei

9.5.1. Conectare

a) **Şocul de tensiune :** $\Delta U \leqslant 3\%$ (pct. 5.2.1. b)

$$\Delta U = \frac{Q}{S_k} \cdot 100 = \frac{240}{250} = 0{,}96\% \ll 3\% \text{ adm.}$$

b) **Şocul de curent :** (pct. 5.2.1. a)

$$I_ş = I_n \sqrt{\frac{2\,S_k}{Q}} \;; \qquad I_n = \frac{Q}{\sqrt{3}\,U_{Mr}} = \frac{2{,}4}{\sqrt{3}.21} = 0{,}067 \text{ kA}$$

$$I_ş = 0{,}067 \sqrt{\frac{2.250}{2{,}4}} = 0{,}97 \text{ kA} \ll 43 \text{ kA adm. (tabelul 5).}$$

9.5.2. Deconectare

$I_n < I_c$ (vezi pct. 5.2.2.)

67 A $\ll$ 400 A adm.

Condiţiile de verificare fiind respectate, bateria de 20 kV 24 MVAr cu o treaptă de putere se poate executa.

Anexa 1

Scheme electrice de alimentare a bateriilor de condensatoare şunt de medie tensiune

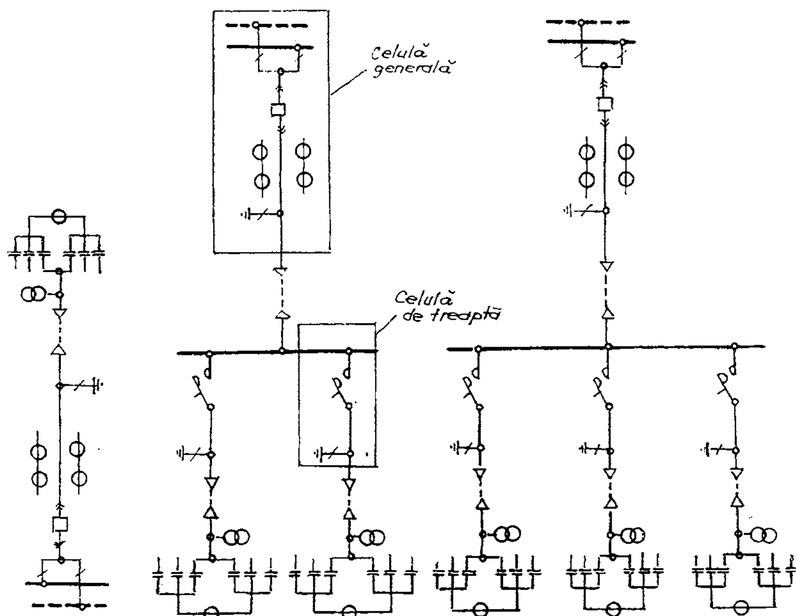


Fig. 1. Baterie cu 1 treaptă.

Fig. 2. Baterie cu 2 trepte cu celulă generală.

Fig. 3. Baterie cu 3 trepte cu celulă generală.

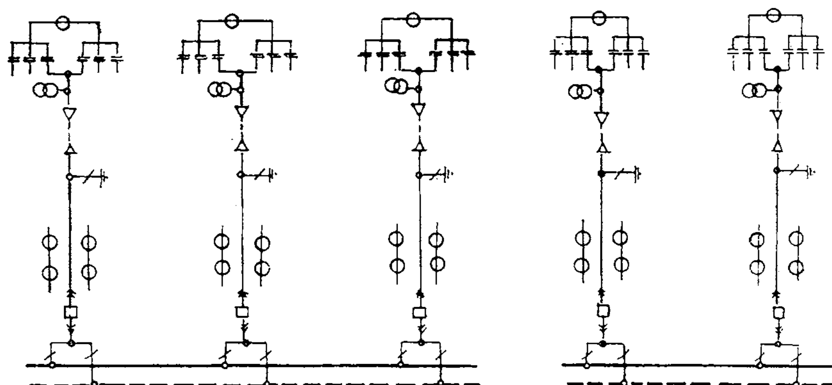


Fig. 4. Baterie cu 3 trepte fără celulă generală.

Fig. 5. Baterie cu 2 trepte fără celulă generală.

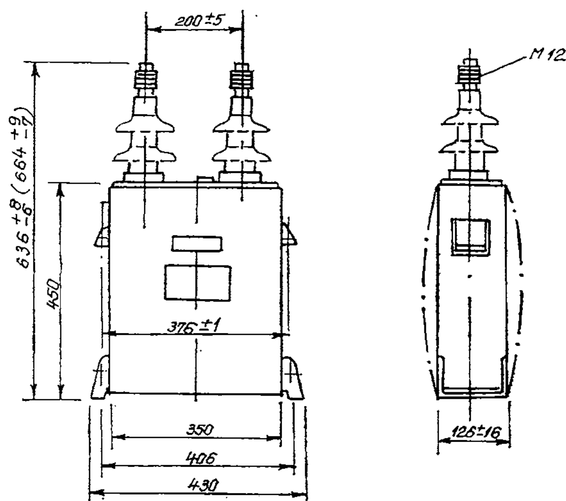
Anexa 2

Tipuri de condensatoare de MT utilizate în staţiile de 110 kV/MT pentru bateriile şunt de MT

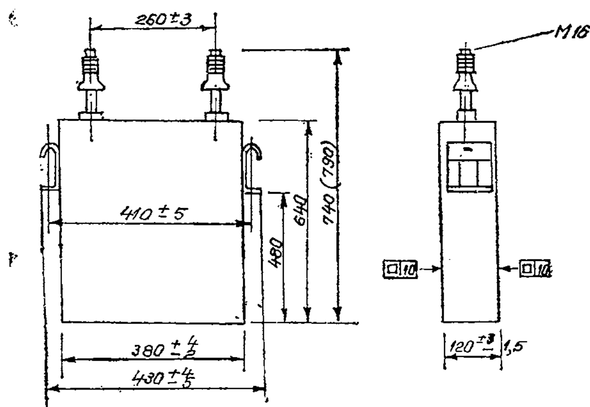
Nr. crt.	Tipul condensatorului	Puterea nominală (kVAr)	Tensiunea nominală (kV)	Capacitatea nominală (μF)	Nivel izolator (kV)	Categoria de temperatură (0°C)	Înălţimea (mm)	Masa (kg)	Observaţii
1	LKCF 100/3,64 E	100	3,64	24	7,2	45	664 $^{+8}_{-6}$	35	Fără siguranţe interioare Trebuie protejate împotriva radiaţiilor solare
2	LKCF 100/6,3 E ISOKOND, R.D.G.	100	6,3	8	12	45	636 $^{+9}_{-7}$	35	Pentru zone cu grad de poluare I—II
3	KC 2-1,05-60-2y1 U.R.S.S.	60	1,05	144	1,2	40	740 ±7	54	Cu siguranţe interioare Se protejează împotriva radiaţiilor solare Zone cu grad de poluare I—II
4	KC 2-6,3-75-2y1 U.R.S.S.	75	6,3	6	7,2	40	790 ±9	54	Fără siguranţe interioare Se protejează împotriva radiaţiilor solare Zone cu grad de poluare I—II
5	USOKP 167/6350 NOKIA, Finlanda	167	6.35	15,2	28		1010	53	Cu siguranţe interioare S-au livrat sub formă de baterie completă
6	CS-3,64/50-100-2 E R.S.R.	100	3,64	24 $^{+10\%}_{-5\%}$	7,2	40	723		Fără siguranţe interioare Se construiesc şi pentru zone poluate
7	CS-6,06/50-100-2 E R.S.R.	100	6,06	8,65 $^{+10\%}_{-5\%}$	12	40			

Anexa 3

Condensatoare de medie tensiune utilizate în staţiile de 110 kV/MT



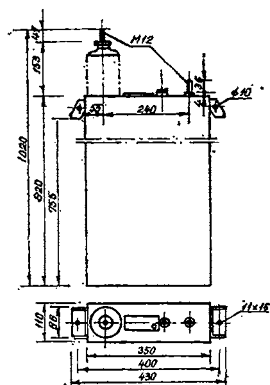
CONDENSATOR TIP LKCF 100/3,64E (100/6,3E)
ISOKOND – R.D.G.



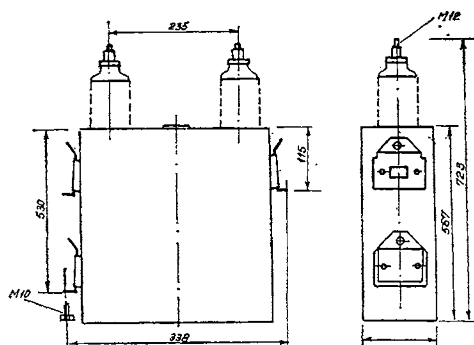
CONDENSATOR. TIP KC2 – 1,05 – 60 – 2Y1
(KC2 – 6,3 – 75 – 2Y1)

U.R.S.S.

Anexa 3 (continuare)



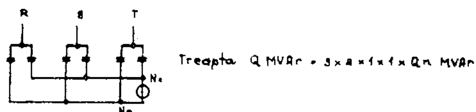
CONDENSATOR TIP USOKP 167/6350
NOKIA – FINLANDA

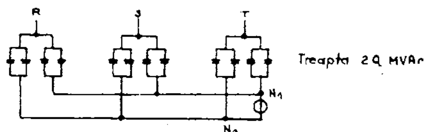


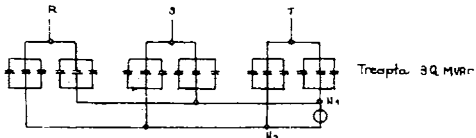
CONDENSATOR TIP CS 3,64/100-2E
(CS 6,06/100-2E)
FILIAŞI – R.S.R.

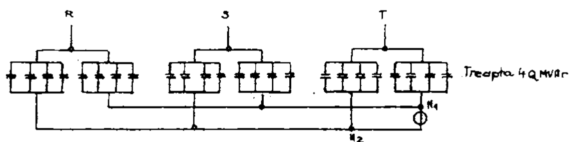
Anexa 4

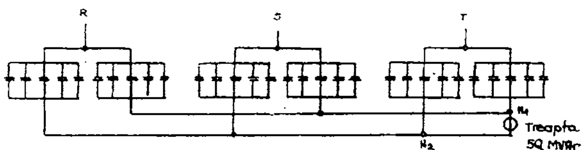
Scheme de conexiuni pentru baterii de condensatoare (un condensator pe fază)





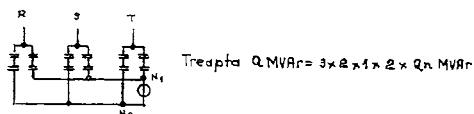


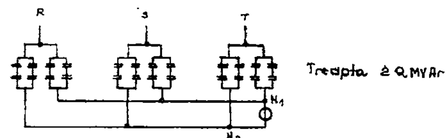


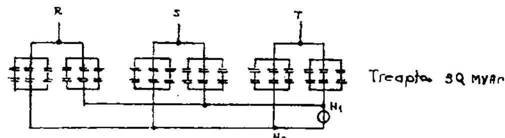


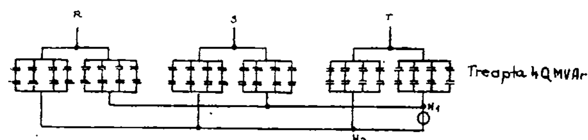
Anexa 4 (continuare)

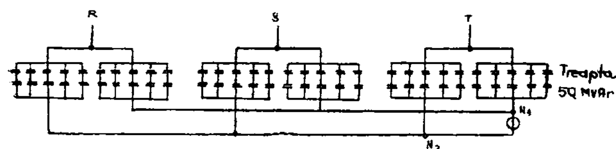
Scheme de conexiuni pentru baterii de condensatoare (două condensatoare pe fază)











MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucţiuni pentru proiectarea staţiilor de conexiuni şi transformare **Bobine de reactanţă**	PE 111-12/78 Grupa 1 Electro-energetică

CUPRINS

Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 396/78	Înlocuieşte :	Data intrării în vigoare: 1 iulie 1978

1. DOMENIUL DE APLICARE

Se aplică la alegerea și verificarea bobinelor de reactanță în beton utilizate ca aparate limitatoare a puterii de scurtcircuit în stațiile de distribuție de MT și în stațiile aferente centralelor electrice.

2. LEGISLAȚIA TEHNICĂ

2.1. Standarde, norme interne

STAS 6669/1-77 — Încercarea echipamentului electric la înaltă tensiune. Prescripţii generale.

STAS 6669/2-77 — Idem. Metode de încercare.

STAS 6489-67 — Reţele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolaţiei, nivelurile de izolaţie și de protecţie.

N.I. 567 — Bobine de reactanță în beton 6, 10, 15 kV, 100—2×2 000/3—10% tip BR.

◆ 2.2. Prescripţii, normative, instrucţiuni

PE 009/76 — Norme de prevenire, stingere și dotare împotriva incendiilor pentru ramura energiei electrice și termice.

— Norme generale de protecţie împotriva incendiilor la proiectarea și realizarea construcţiilor și instalaţiilor (aprobate prin Decret de Stat nr. 290/16 aug. 1977).

PE 101/77	—	Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.
PE 103/70	—	Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitările mecanice și termice în condițiile curenților de scurtcircuit.
PE 107/78	—	Normativ pentru proiectarea și execuția rețelelor de cabluri electrice.
PE 116/78	—	Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice.
PE 119/71	—	Norme de protecție a muncii pentru instalații electrice.
PE 126/72	—	Regulament de exploatare tehnică a echipamentelor electrice din distribuția primară.
PE 134/74	—	Normativ privind metodologia de calcul a curenților de scurtcircuit. Instalații cu tensiuni peste 1 kV.
1975	—	Norme republicane de protecție a muncii.

3. CONSIDERAȚII GENERALE ASUPRA UTILIZĂRII BOBINELOR DE REACTANȚĂ ÎN STAȚIILE DE DISTRIBUȚIE DE MT

3.1. În stațiile de distribuție, în special cele de 6—10 kV, puterea de scurtcircuit ridică probleme deosebite datorită efectelor termice și dinamice care apar la scurtcircuit.

Curentul de scurtcircuit condiționează prin valoarea sa de șoc stabilitatea electrodinamică a căilor de curent, inclusiv a aparatelor de comutație primară, iar prin valoarea sa de durată alegerea cablurilor, respectiv stabilitatea lor din punct de vedere termic. Obținerea unei puteri de scurtcircuit minime permite realizarea unor scheme optime atît din punctul de

vedere al costului instalațiilor electrice (întreruptoare mai puțin costisitoare, cabluri cu secțiune mai mică), cît și din punctul de vedere al fiabilității.

3.2. O măsură de limitare a curenților de scurtcircuit, pînă la valori admise de aparatajul de comutație, constă în montarea bobinelor de reactanță în diferite puncte ale schemei electrice. Pe lîngă aceasta, bobinele de reactanță asigură menținerea unui anumit nivel de tensiune în amonte.

3.3. Valoarea minimă a tensiunii pe care trebuie să o asigure bobinele de reactanță în amonte — la un scurtcircuit în generator sau în rețea — este de 0,7 Un; această valoare a tensiunii asigură menținerea în funcțiune a motoarelor din circuit.

3.4. Decizia asupra montării bobinelor de reactanță într-o stație de MT se ia pe baza unui calcul tehnico-economic a două variante de bază, și anume:

a) schemă primară fără bobine de reactanță, cu puteri de scurtcircuit mari, aparataj cu performanțe ridicate și cu secțiuni mărite ale cablurilor de distribuție;

b) schemă primară cu bobine de reactanță, cu puteri de scurtcircuit reduse, cu aparataj de fabricație curentă, dimensionate de regulă pe criteriul încărcării nominale.

NOTĂ:

La comparația tehnico-economică a variantelor se va ține seama și de consumul propriu tehnologic în rețelele de distribuție în cele două variante, cunoscînd că în prima variantă acest consum este mai mic datorită secțiunii mai mari a cablurilor de distribuție.

4. DETALII CONSTRUCTIVE ȘI FUNCȚIONALE

4.1. Bobinele de reactanță în beton folosite ca mijloc de limitare a curenților de scurtcircuit se construiesc fără miez de oțel, în scopul menținerii inductanței constante.

NOTĂ:

Soluția constructivă de bobine cu miez magnetic prezintă următoarele dezavantaje:

a) la funcționarea în regim normal, curentul nominal al circuitului ar determina magnetizarea miezului în conformitate cu porțiunea ascendentă a curbei de magnetizare, inductanța ar crește și s-ar produce pierderi suplimentare de putere și tensiune;

b) la funcționarea în regim de scurtcircuit curentul foarte mare ar provoca saturația magnetică a miezului de oțel, valoarea inductanței scăzînd tocmai cînd ar fi necesară o valoare ridicată a acesteia.

4.2. Bobinele de reactanță fabricate în țară sînt de tip interior și se execută în construcție monofazată, ele fiind livrate în set de trei faze identice. O fază este constituită din înfășurare, coloană de beton pentru consolidarea acesteia, izolatoare-suport și borne de racord.

NOTĂ:

Bobinele a căror masă trifazată nu depășește 3 000 kg se pot monta etajat (suprapunere pe verticală), bobinele a căror masă trifazată depășește valoarea de mai sus se montează numai cu fazele în plan orizontal.

4.2.1. În funcție de curentul nominal, bobinajul se realizează cu una sau mai multe căi de curent în paralel.

4.2.2. Înfășurarea bobinelor de reactanță în beton se execută din conductoare flexibile, multifilare din aluminiu sau cupru, izolate de regulă cu bandă din bumbac și în straturi orizontale. Bobinele sînt impregnate cu lac și uscate în vid.

4.2.3. Inductanța bobinei de reactanță este în funcție de parametrii geometrici ai înfășurării: lățime, înălțime și număr de spire.

4.2.4. Izolatoarele-suport ale fazelor sînt de tip I-7, 5—125, conform STAS 5852.

4.2.5. Caracteristicile tehnice și constructive ale bobinelor de reactanță în beton sînt date în anexele 1 și 2, iar tensiunile de încercare în tabelul 1, conform STAS 6489.

Tabelul 1

Nr. crt.	Tipul bobinei de reactanţă	Tensiunea nominală, kV	Tensiunea de încercare	
			la frecvenţă industrială 50 Hz/1 minut, kV	la unda de impuls 1,2/50 μs, kV
1	BR 6 kV	7,2	27	60
2	BR 10 kV	12	35	75
3	BR 15 kV	17,5	45	95

NOTĂ: Pentru fiecare 100 m peste 1000 m altitudine, tensiunea de încercare a bobinelor de reactanţă va fi mărită cu 1% din valoarea prevăzută în norma internă (NI 567).

5. TIPURI DE SCHEME CU BOBINE DE REACTANŢĂ

5.1. Din punctul de vedere al amplasamentului în schemă, bobinele de reactanţă sînt : pentru bare şi de linie.

a) bobinele de reactanţă pentru bare se conectează între sau la secţiile barelor şi sînt destinate să limiteze curentul total de scurtcircuit al întregii instalaţii (fig. 1, a, b, c);

b) bobinele de reactanţă de linie sînt destinate să limiteze curentul de scurtcircuit în linia protejată şi să menţină la un anumit nivel tensiunea în instalaţiile situate în amonte (fig. 1 d, e, f, g, h).

5.2. Scheme cu bobină de reactanţă pentru bare (RB)

5.2.1. În fig. „a" bobina de reactanţă este conectată în serie cu barele colectoare ale centralei. Presupunînd că sarcina este repartizată uniform pe cele două secţii, rezultă că în regim normal de funcţionare prin bobina de reactanţă circulaţia de curent este foarte mică şi ca atare pierderile de putere şi energie în bobină sînt mici. În această schemă bobina de reactanţă limitează curenţii de scurtcircuit din reţea (k_1), de pe barele colectoare ale centralei (k_2) şi în circuitul generatorului (k_3).

5.2.2. Pentru limitarea puterii de scurtcircuit pe barele unei staţii se folosesc şi scheme cu bobine de reactanţă montate în circuitul transformatoarelor de putere.

În schema din figura „b", la un scurtcircuit în reţea (k_1) sau pe bare (k_2) întreruptorul va declanşa la curenţii de scurtcircuit limitaţi de bobină. În acest caz aparatajul de comutaţie de MT poate fi ales pentru curenţi de scurtcircuit mai scăzuţi, datorită ameliorării efectelor scurtcircuitului.

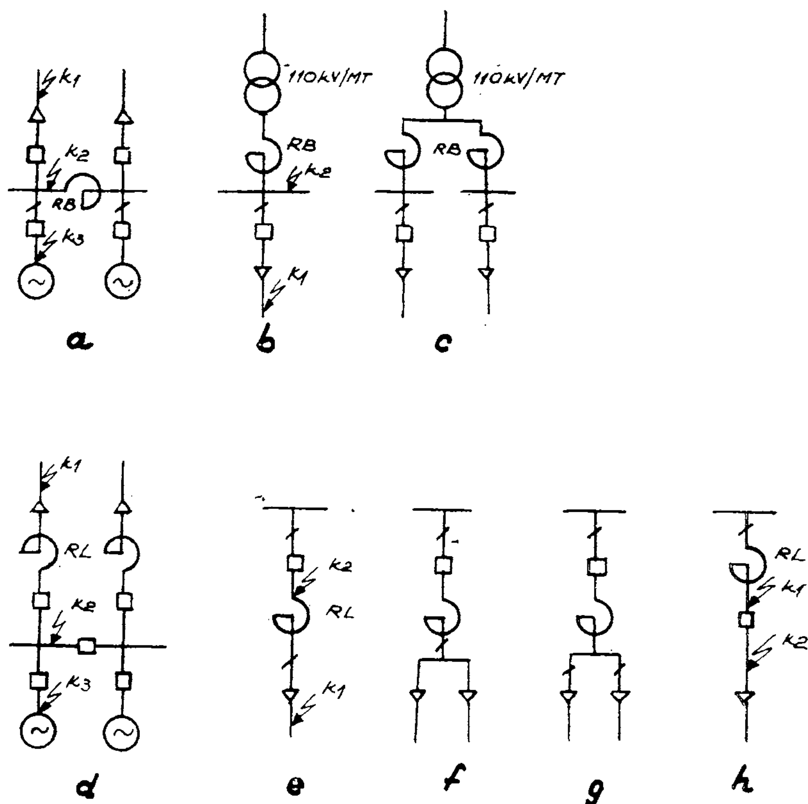


Fig. 1. Scheme cu bobine de reactanţă.

5.2.3. În schema din fig. „c" bobina de reactanţă este jumelată, fiind folosită de asemenea pentru limitarea puterii de scurtcircuit pe barele staţiei. Bobina jumelată se foloseşte

și în cazul în care curentul de durată al circuitului este mai mare decît curentul nominal al bobinei de reactanță cu o singură înfășurare (de exemplu, circuitul unui transformator de 40 MVA la 6 kV).

5.3. Scheme cu bobine de reactanță de linie (RL)

5.3.1. În schema din figura „d“ bobina de reactanță de linie este conectată în serie cu circuitul plecării în cablu.

În această schemă bobina de reactanță limitează curenții de scurtcircuit care apar pe linie (k_1). Bobina de reactanță de linie nu limitează curenții de scurtcircuit în cazul scurtcircuitelor de pe barele colectoare ale centralei (k_2) sau în circuitul generatorului (k_3). Montarea bobinelor de reactanță pentru bare nu exclude montarea bobinelor de reactanță de linie.

5.3.2. În schema din figura „e“, în cazul unui scurtcircuit (k_1) întreruptorul va declanșa la curentul de scurtcircuit limitat de bobina de reactanță. Scurtcircuitul (k_2) se consideră în bobina de reactanță și ca atare întreruptorul va declanșa la un curent de scurtcircuit nelimitat de aceasta.

Experiența de exploatare a arătat că probabilitatea de apariție a unui defect pe legătura dintre barele colectoare și bobine de reactanță — executată de regulă în bare rigide — este mică.

Din acest motiv, prin instrucțiunile de proiectare PE 103/70 art. 2.5. se admite ca echipamentul electric — de la separator pînă la bobina de reactanță — să se aleagă și să se verifice în funcție de curentul de scurtcircuit după bobină (k_1).

5.3.3. La alimentarea unor consumatori de mare putere se folosesc bobine de reactanță cu plecări jumelate — 2 fideri ca în schema din figura „f“.

În unele cazuri (consumatori importanți) pe fiecare fider (fig. „g“) se montează cîte un separator care permite ca, în cazul avarierii unuia din fideri, acesta să fie deconectat, iar alimentarea consumatorului să fie preluată de fiderul neavariat.

5.3.4. În schema din figura „h“ bobina de reactanță este amplasată înaintea întreruptorului.

La un scurtcircuit în k_1 sau în k_2 întreruptorul va declanșa la curenții de scurtcircuit limitați de bobină; schema oferă posibilitatea alegerii unui echipament de comutație pentru curenți de scurtcircuit mai scăzuți.

Dezavantajul unei asemenea dispoziții constă în faptul că, în cazul scurtcircuitului k_1, în afara declanșării întreruptorului propriu este necesară și declanșarea întreruptorului circuitului din amonte, spre sursă. O asemenea schemă se folosește în special atunci cînd pe barele stației puterea de scurtcircuit este apropiată sau depășește chiar puterea de rupere a întreruptorului.

6. DATE NECESARE PENTRU ALEGEREA BOBINELOR DE REACTANȚĂ

Principalii parametri ai bobinei de reactanță sînt:

— tensiunea nominală U_{rn}
— curentul nominal I_{rn}
— reactanța procentuală nominală X_r %
— pierderea relativă de tensiune ΔU_f%.

6.1. Tensiunea nominală (Urn)

Tensiunea nominală a bobinei de reactanță se alege egală cu tensiunea maximă de serviciu a rețelei din care face parte, conform tabelului 1.

6.2. Curentul nominal (Irn)

6.2.1. Curentul nominal reprezintă cea mai mare valoare a curentului care la trecerea prin înfășurarea bobinei de reactanță timp îndelungat nu-i produce încălziri periculoase.

6.2.2. Curentul nominal al bobinei de reactanţă trebuie ales astfel încît să fie superior ca valoare curentului maxim de durată al circuitului din care face parte.

Pentru bobina de reactanţă de secţie (fig. „a") curentul nominal corespunde circulaţiei de puteri ce rezultă în cazul cel mai defavorabil.

6.2.3. Curentul nominal (Irn) indicat de furnizor corespunde unei temperaturi a mediului ambiant de $+40^{\circ}C$. Pentru alte valori ale temperaturii mediului ambiant, curentul prin bobină se va determina cu relaţia:

$$Ir = Irn \sqrt{\frac{\theta_{max.} - 40^{\circ}}{\theta_{max.} - \theta_{amb}}} \quad (A); \qquad (1)$$

în care:

θ_{amb} este temperatura maximă admisă de bobinaj (°C);

$\theta_{max.}$ — temperatura mediului ambiant (°C).

6.3. Reactanţa procentuală nominală (x_r)

6.3.1. Prin reactanţa procentuală nominală se înţelege raportul exprimat în procente între căderea de tensiune inductivă dintr-o fază a bobinei de reactanţă, cînd prin ea trece curentul nominal şi tensiunea nominală.

$$x_r\ \% = \frac{\Delta U_f \sqrt{3}}{U_{rn}} \cdot 100 \qquad (2)$$

$$x_r\ \% = \frac{x_r\ I_{rn} \sqrt{3}}{U_{rn}} \cdot 100 \qquad (3)$$

în care:

x_r este reactanţa unei faze a bobinei (Ω).

6.3.2. Reactanţa procentuală nominală a bobinei, exprimată în unităţi relative raportată la mărimile de bază este:

$$x_r\ \% = x_B\ \% \frac{Ub}{Ib} \frac{Irn}{Urn} \qquad (4)$$

în care:

$x_B\,\%$ este reactanța procentuală a bobinei exprimată în unități relative raportată la mărimile de bază;

Ub; Ib — mărimi de bază.

6.3.3. Reactanța procentuală nominală a bobinei se poate determina și cu relația:

$$x_r\,\% = Srn\,\frac{Sk_1 - Sk_2}{Sk_1 \cdot Sk_2} \cdot 100 \qquad (5)$$

în care:

Srn este puterea aparentă nominală a bobinei și se determină cu relația $Srn = \sqrt{3} \cdot Urn \cdot Irn$, MVA ; (6)

Sk_1 — puterea de scurtcircuit în amonte de bobină, MVA;

Sk_2 — puterea de scurtcircuit necesară, MVA, în aval de bobină.

6.3.4. După efectuarea calculului se alege pentru $x_r\,\%$ valoarea imediat superioară standardizată, conform anexei 1, și se recalculează puterea de scurtcircuit în aval de bobină (Sk_2) cu relația:

$$Sk_2 = \frac{100\ Srn\ Sk_1}{100\ Srn + x_r\,\%\ Sk_1} \quad (MVA) \qquad (7)$$

6.3.5. Pentru calcule simplificatoare, în care se neglijează toate reactanțele din rețea în afară de reactanța bobinei, valoarea maximă a puterii de scurtcircuit (Sk) și respectiv a curentului de scurtcircuit (Ik) ce se obțin în aval de bobină se determină cu relațiile:

$$Sk = \frac{Srn}{x_r\,\%} \cdot 100 \quad (MVA) \qquad (8)$$

$$Ik = \frac{Irn}{x_r\,\%} \cdot 100 \quad (A) \qquad (9)$$

NOTĂ:

Valorile uzuale pentru $x_r\,\%$ sînt cuprinse în gama 3—10%.

6.3.6. Rezistența ohmică a înfășurării bobinei de reactanță este foarte mică; pierderea de putere activă în bobină nu reprezintă mai mult de 0,2—0,3% din puterea bobinei și nu depășește în cele mai defavorabile cazuri 0,5%.

6.4. Reactanța procentuală a bobinei de reactanță jumelată

6.4.1. Bobina de reactanță jumelată (schema „h") are două circuite, fiecare din acestea avînd o reactanță inductivă proprie x_l și o reactanță inductivă mutuală x_m.

Valoarea inductanței mutuale x_m nu este constantă; ea depinde de valoarea curentului în cel de-al doilea circuit.

6.4.2. Reactanța procentuală a bobinei de reactanță jumelată se determină conform schemei din figura 2.

Modul de alegere a reactanței x_l este similar cu cel pentru bobina de reactanță obișnuită. Coeficientul de cuplaj „m" este indicat de întreprinderea constructoare, de regulă $m = 0,5$.

În funcție de circulația curentului în cele două jumătăți ale bobinei de reactanță jumelată, reactanța echivalentă se determină cu relația:

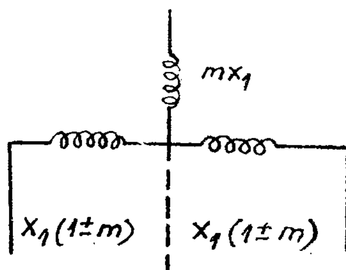


Fig. 2. Schema echivalentă de calcul al reactanței procentuale a bobinei de reactanță jumelată.

$x_r = 2(1-m)x_l$ — cazul în care curentul circulă în sensuri opuse în cele două jumătăți ale bobinei;

$x_r = 2(1+m)x_l$ — cazul în care curentul circulă în același sens în cele două jumătăți ale bobinei.

6.5. Pierderea relativă de tensiune ($\triangle U_f \%$)

6.5.1. O caracteristică a bobinei de reactanță în beton o constituie pierderea relativă de tensiune $\Delta Uf\%$, care reprezintă diferența aritmetică relativă a tensiunilor de fază înainte și după bobină. Se determină cu relația:

$$\Delta U_f \% = x_r \% \frac{I_{înc}}{I_{rn}} \sin \varphi \tag{11}$$

în care: $I_{înc}$ este curentul maxim de încărcare al circuitului din care face parte bobina (A).

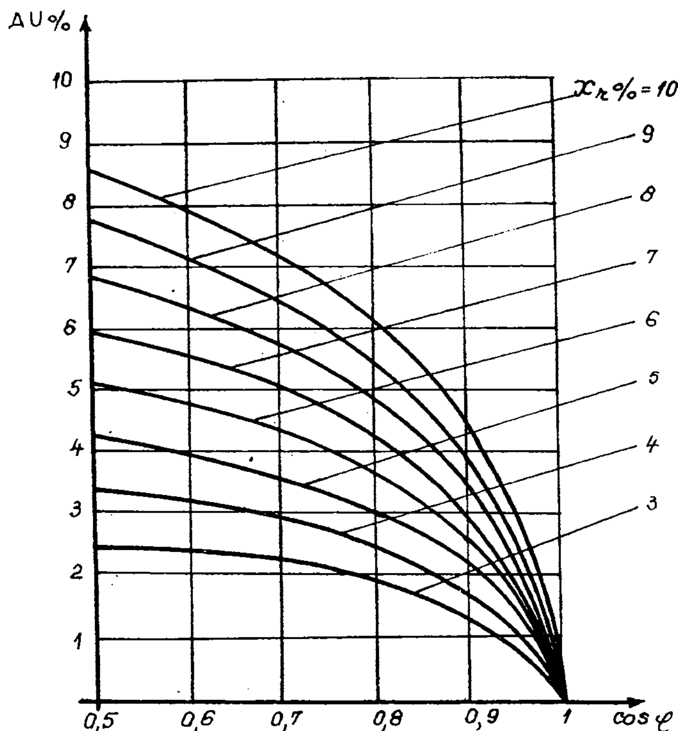


Fig. 3. Pierderea de tensiune în bobina de reactanță.

6.5.2. În figura 3 este reprezentată variația pierderii relative de tensiune în bobina de reactanță, în funcție de factorul de putere $\cos\varphi$ al rețelei și de reactanța procentuală nominală x_r % a bobinei; se consideră $I_{inc} = I_{rn}$.

6.5.3. Pierderea de tensiune în bobina de reactanță nu trebuie să depășească 5% din tensiunea nominală a instalației din care face parte; în caz contrar se alege o bobină cu reactanță mai mică și se reface calculul.

6.5.4. În regim de scurtcircuit, prin căderea de tensiune în bobina de reactanță se menține în amonte de bobină o tensiune remanentă. Valoarea acesteia trebuie să fie de minimum 70% și se calculează cu relația:

$$U_{rem}\,\% = x_r\,\%\,\frac{I_k}{I_{rn}} \qquad (12)$$

în care: I_k este valoarea stabilizată a componentei periodice a curentului de scurtcircuit (kA).

7. VERIFICAREA BOBINELOR DE REACTANȚĂ

Bobina de reactanță aleasă din condiția de limitare a curentului de scurtcircuit, se verifică la stabilitate termică și electrodinamică.

7.1. Stabilitatea termică

7.1.1. Pentru verificarea la stabilitate termică se ia în considerare curentul de scurtcircuit trifazat, bifazat sau monofazat care conduce la solicitarea termică maximă.

7.1.2. Calculul curenților de scurtcircuit se efectuează conform normativului PE 134.

7.1.3. Motoarele sincrone, inclusiv compensatoarele sincrone, se consideră în calculul curenților de scurtcircuit ca și generatoarele sincrone.

7.1.4. Aportul motoarelor sincrone se ia în considerare în cazul în care valoarea curentului de declanșare (fără aportul

motoarelor) este apropiată de valoarea curentului de rupere al întreruptorului, iar timpul total de rupere al defectului este mai mic de 0,15 s.

7.1.5. Determinarea curentului echivalent termic I_m al scurtcircuitului şi verificarea la solicitările termice în condiţiile curenţilor de scurtcircuit se face conform instrucţiunilor PE 103.

7.1.6. Stabilitatea termică a bobinei de reactanţă este caracterizată prin mărimea $I_t \cdot \sqrt{t}$ indicată de fabrica constructoare.

Condiţia de verificare la stabilitate termică este dată de relaţia :

$$I_m < I_t \sqrt{t} \qquad (13)$$

în care: I_m este curentul maxim echivalent al scurtcircuitului la 1 s (kA).

Curentul echivalent al scurtcircuitului la 1 s se calculează cu relaţia:

$$I_m = I_k'' \sqrt{(m+n)t} \quad \text{(kA)} \qquad (14)$$

în care:

I_k'' este valoarea efectivă iniţială a curentului de scurtcircuit, kA;
m — aportul la scurtcircuit al componentei aperiodice;
n — aportul la scurtcircuit al componentei periodice;
t — durata defectului, s.

7.2. Stabilitatea electrodinamică

7.2.1. Pentru verificarea la stabilitate electrodinamică se determină valoarea curentului de şoc al scurtcircuitului trifazat.

7.2.2. Verificarea la solicitările electrodinamice în condiţiile curenţilor de scurtcircuit se face conform instrucţiunilor PE 103.

7.2.3. Curentul de stabilitate electrodinamică Id al bobinei de reactanţă este indicat de fabrica constructoare.

Condiţia de verificare la stabilitate electrodinamică este dată de relaţia :

$$i_ş < I_d \qquad (15)$$

în care : $i_ș$ este amplitudinea curentului de scurtcircuit de șoc (kAmax).

Curentul de șoc al scurtcircuitului (valoarea maximă) se calculează cu relația:

$$I_ș = 2{,}55\ I_{po} \quad (16)$$

8. CONDIȚII DE INSTALARE

8.1. Altitudinea

Bobinele de reactanță în beton își păstrează caracteristicile garantate și pot fi instalate fără restricții pînă la altitudinea maximă indicată de întreprinderea constructoare, de regulă 1 000 m.

8.2. Locul de instalare

Bobinele de reactanță în beton de tip uscat sînt destinate să funcționeze numai în instalații interioare.

8.3. Caracteristicile mediului ambiant

Domeniul de temperaturi pentru care este garantată buna funcționare a bobinelor de reactanță în beton este cuprins în gama —25°C+40°C. Bobinele de reactanță în beton trebuie montate într-un mediu ambiant care nu conține gaze, acizi, praf bun conducător de electricitate, vapori de apă etc. Valoarea maximă procentuală a umidității relative a aerului nu trebuie să depășească 80% la temperatura mediului ambiant de +35°C.

8.4. Dimensionarea ventilației naturale

8.4.1. În încăperea bobinei de reactanță trebuie să se asigure o ventilație naturală organizată, aerul de răcire fiind introdus printr-o deschidere practicată în pardoseală (q_1) și

evacuat pe la partea superioară (q_2) din figura 4. În unele cazuri, cînd rezultă oportun din calcul se prevede ventilație mecanică.

8.4.2. Calculul ventilației se efectuează fie pentru determinarea formei și dimensiunilor elementelor de construcții care condiționează funcționarea ventilației naturale, fie pentru verificarea modului în care se realizează aceasta într-o clădire existentă.

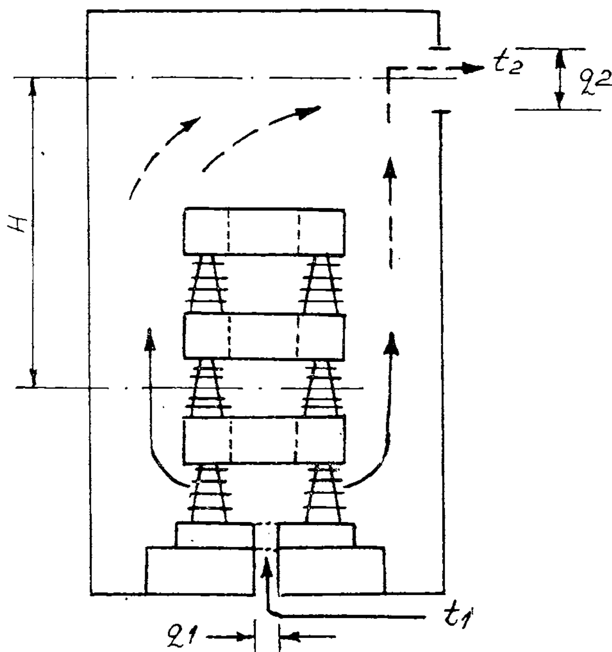


Fig. 4. Schema circulației aerului în încăperea bobinei.

8.4.3. Nomograma din figura 5 servește la determinarea suprafețelor orificiilor de intrare și evacuare a aerului (q_1, q_2) precum și a debitului de aer ventilat (Q), cunoscîndu-se :

W — pierderile de putere în bobină, kW ;

t_2—t_1 — diferenţa între temperatura de evacuare şi intrare a aerului, de regulă 15°C ;

H — distanţa dintre axul orizontal al bobinei de reactanţă şi axul orificiului de evacuare a aerului, m.

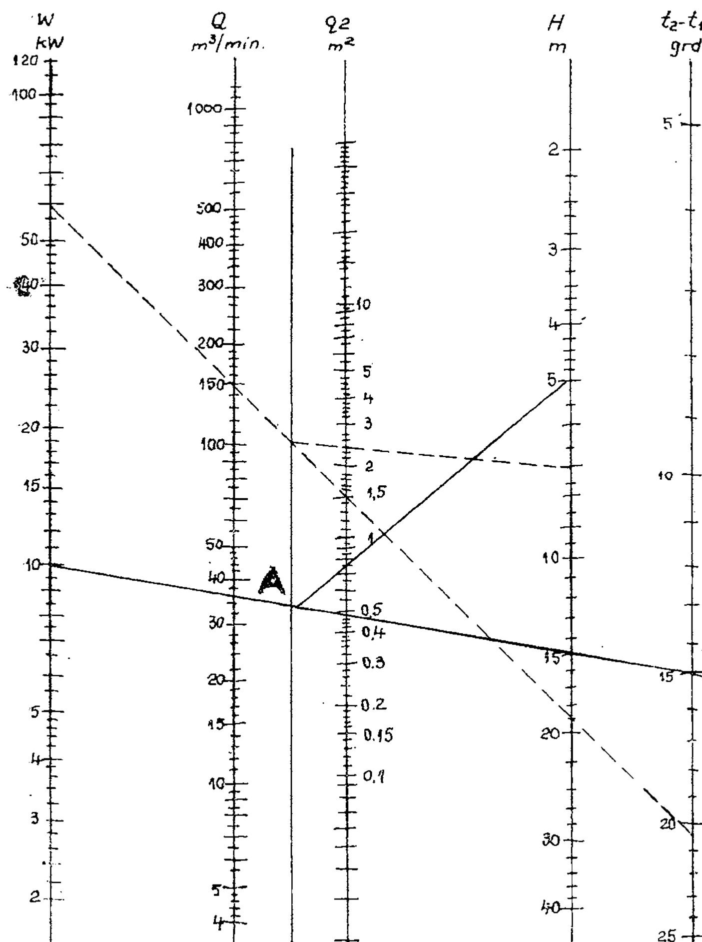


Fig. 5. Nomograma pentru dimensionarea ventilaţiei naturale a încăperii bobinei de reactanţă.

8.4.4. Exemplu

Se consideră : $W = 10$ kW ; $H = 5$ m ; $t_2 - t_1 = 15°C$.

Dreapta $W = 10$ kW și $t_2 - t_1 = 15°C$ intersectează dreapta Q în punctul $Q = 36$ m³/min și dreapta ajutătoare Z în punctul „A". Unind punctul „A" cu punctul $H = 5$ m se obține, la intersecția cu dreapta q_2, punctul $q_2 = 0{,}8$ m².

Ținînd seamă de dilatarea aerului cald, se recomandă $q_1 = 0{,}92\ q_2$.

9. MONTAREA BOBINELOR DE REACTANȚĂ

9.1. Bobinele de reactanță în beton se instalează în încăperi închise, dimensiunile acestora fiind astfel alese încît să se obțină o amplasare comodă a reactoarelor și barelor. În acest sens, distanțele între fazele bobinei de reactanță și între acestea și construcțiile de oțel și de beton armat ale clădirii trebuie să nu fie mai mici decît cele recomandate de către furnizor. În figura 6 sînt date distanțele minime de amplasare a unei bobine trifazate.

9.2. Cîmpul magnetic produs de bobina de reactanță nu trebuie să depășească valoarea de 20 A/cm și se calculează cu relația :

$$H = 0{,}1 \frac{I_{rn} W D_m}{a^2} \quad (A/m) \qquad (17)$$

în care :

I_{rn} este curentul nominal al bobinei, A ;

W — numărul de spire al bobinei ;

D_m — diametrul mediu al coloanei, m ;

a — distanța de la axul bobinei la pereții încăperii, m.

9.3. Bobinele de reactanță a căror masă trifazată nu depășește 3 000 kg se montează într-o dispoziție verticală. În acest caz înălțimea încăperii se determină luînd în considerare posibilitatea fixării dispozitivului de ridicat (palan).

9.4. Montarea bobinelor în plan vertical se execută astfel :

— se introduce în încăpere faza superioară, care se ridică cu ajutorul palanului ;

— se introduce faza mijlocie, peste care se așază și se asamblează faza superioară, ambele fiind apoi ridicate cu ajutorul palanului ;

— se introduce faza inferioară, celelalte două (superioară și mijlocie) fiind coborîte și asamblate cu aceasta.

9.4.1. Fazele bobinei de reactanță sînt așezate pe izolatoare suport, realizîndu-se astfel izolația față de pardoseală a întregului ansamblu precum și a fazelor între ele.

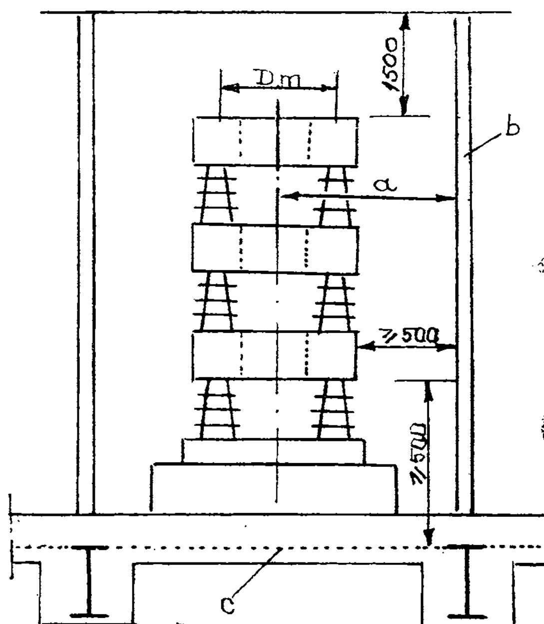


Fig. 6. Distanțe minime de amplasare a bobinei de reactanță:
a — distanța de la axul bobinei la perete; *b* — armătura peretelui; *c* — armătura pardoselii.

9.5. Dispoziția orizontală a fazelor se recomandă pentru bobine de reactanță cu masă trifazată mai mare de 3 000 kg.

9.6. În ambele dispoziții (verticală sau orizontală), dacă între faze se folosesc izolatoare de distanțare, pentru diminuarea solicitărilor electrodinamice trebuie ca faza din mijloc să fie bobinată în sens invers fazelor extreme. În acest fel, forța maximă electrodinamică va comprima izolatoarele, porțelanul lucrînd mult mai bine la compresiune decît la întindere.

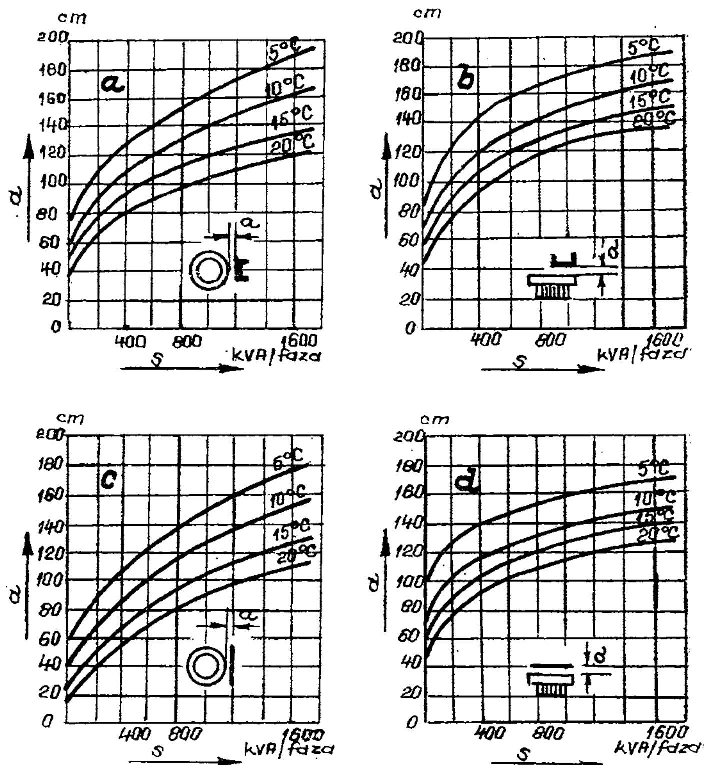


Fig. 7. Încălzirea părților metalice din apropierea bobinei de reactanță:

a — profil U 14 așezat vertical la distanța „a" de bobină; *b* — profil U 14 așezat orizontal deasupra bobinei, la distanța „a"; *c* — placă din oțel de 3 mm, așezată vertical la distanța „a" de bobină; *d* — placă din oțel de 3 mm, așezată orizontal deasupra bobinei la distanța „a".

9.7. În cazul dispoziției orizontale fără izolatoare de distanțare între faze, acestea se pot bobina simetric, deoarece direcția forței electrodinamice este diferențiată și izolatoarele lucrează la încovoiere.

9.8. Bobinele de reactanță nu trebuie amplasate în vecinătatea construcțiilor din oțel, datorită încălzirii acestora prin curenții de inducție, care determină pierderi importante de puteri. De asemenea, în caz de scurtcircuit, datorită forțelor electrodinamice piesele din oțel pot fi atrase puternic spre bobină, putînd provoca deteriorarea izolației spirelor.

9.8.1. Se recomandă o supraveghere atentă pentru a nu se lăsa în vecinătatea bobinei de reactanță scule sau diferite piese metalice.

9.8.2. Trebuie evitată formarea circuitelor magnetice închise în apropierea bobinelor de reactanță, în care scop se vor secționa ramele ușilor din oțel, iar armăturile izolatoarelor suport vor fi legate la priza de pămînt prin două derivații în circuit deschis. Se recomandă executarea derivațiilor din cupru.

9.9. În diagramele din figura 7 este prezentată influența distanțelor și a puterii bobinei asupra părților metalice din apropierea acesteia.

Notînd „θ“ temperatura din încăperea reactorului, cu „$\Delta\theta$“ supratemperatura datorită încălzirii, conform figurii 7 rezultă temperatura pieselor metalice accesibile „$\theta+\Delta\theta$“, care nu trebuie să depășească $+50°C$.

10. MĂSURI SPECIFICE DE PROTECȚIE A MUNCII ȘI DE PREVENIRE ȘI STINGERE A INCENDIILOR

10.1. Pentru executarea lucrărilor de montaj se vor lua următoarele măsuri specifice de protecție a muncii :

a) protecția privind încărcarea, descărcarea, transportul și manipularea bobinelor de reactanță ;

b) protecția pentru lucrul la înălțime cu ocazia așezării bobinelor pe fundații cu ajutorul scripeților ;

c) protecția pentru lucrările de sudură (ochelari, legări la pămînt etc.).

10.2. În timpul exploatării, se interzice deschiderea ușii încăperii bobinei de reactanță înainte de întreruperea tensiunii din celula de alimentare.

10.3. Ca măsuri de prevenire și stingere a incendiilor se vor respecta următoarele indicații :

a) în incinta bobinelor de reactanță este interzisă depozitarea oricăror materiale sau obiecte ;

b) în caz de incendiu se va scoate de sub tensiune instalația respectivă, precum și instalațiile vecine periclitate ;

c) asigurarea stingerii eventualelor incendii cu mijloace existente în dotarea stației, conform proiectelor tip în vigoare.

11. EXEMPLU DE CALCUL

11.1. Alegerea unei bobine de reactanță de linie

Se consideră montarea unui reactor de linie conform schemei 8 a.

11.2. Datele necesare alegerii bobinei de reactanță (mărimi cunoscute)

a) puterea plafon de scurtcircuit a sistemului : $S_k =$ 3 000 MVA ;

b) caracteristicile transformatorului : S_n = 40 MVA ; $U_k = 12\%$;

c) curentul nominal al reactorului se alege egal cu curentul maxim de durată al circuitului din care face parte, respectiv curentul maxim de durată al cablului de 6 kV :

$$I_{rn} = I_n = I_{înc.\,max.} = 1{,}5 \text{ kA}$$

d) tensiunea nominală a reactorului se alege egală cu tensiunea nominală a circuitului din care face parte :

$$U_{rn} = U_n = 6 \text{ kV}$$

e) tensiunea efectivă de funcţionare a reactorului este tensiunea maximă de serviciu a reţelei :

$$U_{MR} = 6{,}3 \text{ kV}$$

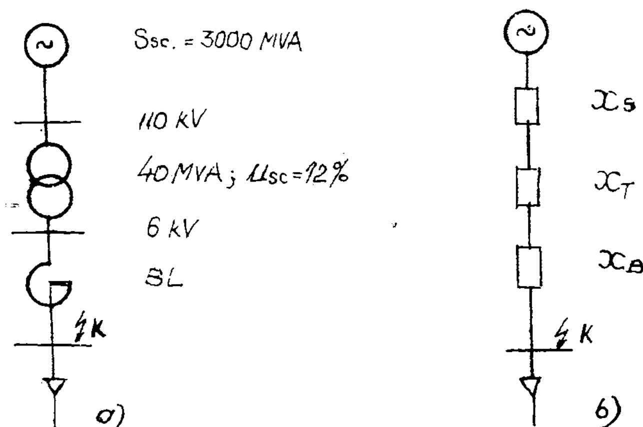


Fig. 8 a și *b*. Scheme de calcul.

f) puterea maximă de scurtcircuit în reţeaua de 6 kV din condiţia de stabilitate termică a cablului :

$$S_{k.\,max.} = 150 \text{ MVA}$$

11.3. Dimensionarea bobinei de reactanţă de linie în vederea obţinerii unei puteri de scurtcircuit maxime de 150 MVA în aval se efectuează prin determinarea şi verificarea următoarelor :

a) reactanţa procentuală nominală a bobinei de reactanţă — x_r % ;

b) verificarea bobinei la stabilitate electrodinamică ;

c) verificarea bobinei la stabilitate termică ;

d) pierderea de tensiune în regim normal de funcţionare, $\Delta U\%$;

e) tensiunea remanentă U_{rem}.

11.4. Se întocmeşte schema de calcul, înlocuind fiecare element din reţea prin reactanţa sa echivalentă.

11.5. Calculul reactanțelor echivalente se efectuează prin metoda unităților de bază. Se aleg mărimile de bază :

— puterea de bază, Sb = 100 MVA ;

— tensiunea de bază, Ub = 6 kV ;

— curentul de bază $Ib = \frac{Sb}{\sqrt{3}\,Ub} = 9{,}66$ kA.

a) Reactanța echivalentă a sistemului :

$$X_S = \frac{S_b}{S_k} = \frac{100}{3\,000} = 0{,}033$$

b) Reactanța echivalentă a transformatorului :

$$X_T = \frac{U_k\,\%}{100}\,\frac{S_b}{S_n} = \frac{12}{100}\,\frac{100}{40} = 0{,}3$$

c) Reactanța totală echivalentă în punctul k, în funcție de puterea de bază și puterea maximă de scurtcircuit admisă în acest punct :

$$X_{tot.} = \frac{S_b}{S_k} = \frac{100}{150} = 0{,}665$$

$$X_{tot.} = X_S + X_T + X_B$$

$$X_B = 0{,}665 - 0{,}033 - 0{,}3 = 0{,}332$$

d) Reactanța nominală procentuală a bobinei de reactanță :

$$X_r\,\% = \frac{X_B \cdot I_{rn} \cdot U_b}{I_b \cdot U_{rn}} \cdot 100$$

$$X_r\,\% = \frac{0{,}332 \cdot 1{,}5 \cdot 6}{9{,}66 \cdot 6} \cdot 100 = 5{,}17\%$$

Se alege $X_r\,\% = 6\%$

e) Se recalculează X_B cu $X_r\,\%$ ales :

$$X_B = \frac{X_r\,\%}{100}\,\frac{I_b}{I_{rn}}\,\frac{U_{rn}}{U_b}$$

$$X_B = \frac{6 \cdot 9{,}66 \cdot 6}{100 \cdot 1{,}5 \cdot 6} = 0{,}386$$

f) Se recalculează reactanţa totală echivalentă în punctul k :

$$X_{tot.} = 0{,}033 + 0{,}3 + 0{,}386 = 0{,}719$$

g) Puterea de scurtcircuit în punctul k :

$$S_k = \frac{S_b}{X_{tot.}} = \frac{100}{0{,}719} = 139{,}5 \text{ MVA}$$

$$S_k < S_{k.\,max.};\ 135{,}5 < 150 \text{ MVA}$$

deci reactorul este bine ales din punctul de vedere al reactanţei procentuale.

11.6. **Verificarea bobinei la stabilitate termică**

a) Curentul echivalent al scurtcircuitului la 1 s :

$$I_m = I_k'' \sqrt{(m+n)t}$$

$$m = 0$$

$$n = 1$$

$$t = 1{,}5 \text{ s}$$

$$I_k'' = \frac{S_k}{\sqrt{3}\, U_{ef}} = \frac{150}{1{,}73 \times 6{,}3} = 14{,}4 \text{ kA}$$

$$I_m = 14{,}4\sqrt{1{,}5} = 17{,}6 \text{ kA}$$

b) Stabilitatea termică a bobinei de reactanţă este caracterizată prin mărimea $I_t \sqrt{t}$ indicată de fabrica constructoare. Pentru bobina de tipul RB-6-1 500-6% $I_t \sqrt{t} = 25$ kA.

c) Condiţia de verificare a stabilităţii termice este :

$$I_m < I_t \sqrt{t}$$

$$17{,}6 \text{ kA} < 25 \text{ kA}$$

11.7. Verificarea bobinei la stabilitate electrodinamică

a) Curentul de șoc al scurtcircuitului :

$$i_{șoc} = 2{,}55\ I_k''$$

$$i_{șoc} = 2{,}55 \times 14{,}4 = 36{,}8\ \text{kA}$$

d) Stabilitatea electrodinamică a bobinei de reactanță este caracterizată prin mărirea Id indicată de fabrica constructoare pentru bobina aleasă este de 63,75 kA.

Condiția de verificare la stabilitate electrodinamică:

$$i_{șoc} < I_d\ ;\ 36{,}8\ \text{kA} < 63{,}75\ \text{kA}$$

11.8. Pierderea de tensiune în regim normal

$$U\% = x_r\ \%\ \sin\varphi$$

considerăm $\cos\varphi = 0{,}9$; $\sin\varphi = 0{,}435$; $I_{inc.\ max.} = I_{rn}$.

$$U\% = 6\% \cdot 0{,}435 = 2{,}68\% < 5\%\ \text{adm.}$$

11.9. Tensiunea remanentă

$$U_{rem}\ \% = x_r\ \%\ \frac{I_k''}{I_{rn}}$$

$$U_{rem}\ \% = 6 \cdot \frac{14{,}4}{1{,}5} = 58{,}5\%$$

NOTĂ:

$U_{rem}\ \%$ trebuie să fie de minimum 70% în cazul în care în paralel cu circuitul bobinei sînt racordate motoare alimentate de la aceeași sursă. În cazul în care condițiile de verificare nu sînt satisfăcute, se alege o bobină cu $x_r\ \%$ imediat superioară și se reface calculul.

Anexa 1

Caracteristici constructive

Nr. crt.	Tipul bobinei	Nr. cond. pe rază×nr. straturilor pe înălţime	Dimensiuni de gabarit (mm)		Masa (kg) pe bobina trifazată	
			Diametrul ext. al col. de beton, DBe	Înălţimea fazei cu iz. suport H fază	Cond. Aluminiu	Cond. Cupru
1	RB-6-75-8	12×12	1420	835	4550	6130
2	RB-6-200-4	7×10	1025	700	1360	1885
3	RB-6-200-8	8×11	1140	700	1775	2595
4	RB-6-400-4	8×12	1150	835	1900	2940
5	RB-6-400-12	8×10	1140	745	1700	2720
6	RB-6-500-4	7×14	1025	925	1900	2725
7	RB-6-500-10	8×20	1140	1195	1900	3280
8	RB-6-600-4	7×12	1025	835	1800	2490
9	RB-6-600-5	8×10	1140	735	1700	2430
10	RB-6-600-6	8×12	1140	835	1900	2890
11	RB-6-600-10	8×16	1140	1015	1900	2090
12	RB-6-750-5	8×15	1140	970	1850	2870
13	RB-6-1000-4	8×11	1140	790	1775	2600
14	RB-6-1000-5	8×13	1140	880	1900	2850
15	RB-6-1000-6	8×14	1140	925	1950	3000
16	RB-6-1000-8	8×18	1140	1105	2000	2340
17	RB-6-1000-10	8×20	1140	1195	2050	4000
18	RB-6-1500-6	8×16	1140	1015	1850	3450
19	RB-6-1500-8	12×10	1420	745	4300	6000
20	RB-6-1500-10	12×12	1420	835	4550	6700
21	RB-6-2000-6	12×12	1420	835	4525	6600
22	RB-6-2000-8	12×14	1420	925	6000	8500
23	RB-6-2000-10	12×17	1420	1060	6700	9900
24	RB-6-2000+2000-8+8	12×14	1420	1660	9750	12200
25	RB-10-200-3	7×11	1025	790	1770	2400
26	RB-10-400-4	8×12	1140	1015	1800	3000
27	RB-10-400-5	8×18	1140	1105	2000	3400
28	RB-10-400-6	8×22	1140	1285	2200	3800
29	RB-10-400-8	12×14	1420	925	4000	5800
30	RB-10-400-10	12×16	1420	1015	4300	6400
31	RB-10-600-4	8×12	1140	845	1900	2800
32	RB-10-600-6	12×10	1420	855	1950	3250
33	RB-10-600-8	8×20	1140	1195	1950	2950
34	RB-10-600-10	8×23	1140	1330	2200	4500
35	RB-10-1000-4	8×15	1140	970	1875	3300
36	RB-10-1000-6	8×18	1140	1060	2000	2800
37	RB-10-1000-8	12×12	1420	835	4000	6100
38	RB-10-1000-10	12×14	1420	925	4100	6500
39	RB-10-1500-6	12×13	1420	890	3950	6300
40	RB-10-2000-6	12×19	1420	1160	4750	7800
41	RB-15-300-5	7×15	1025	1010	1900	3100

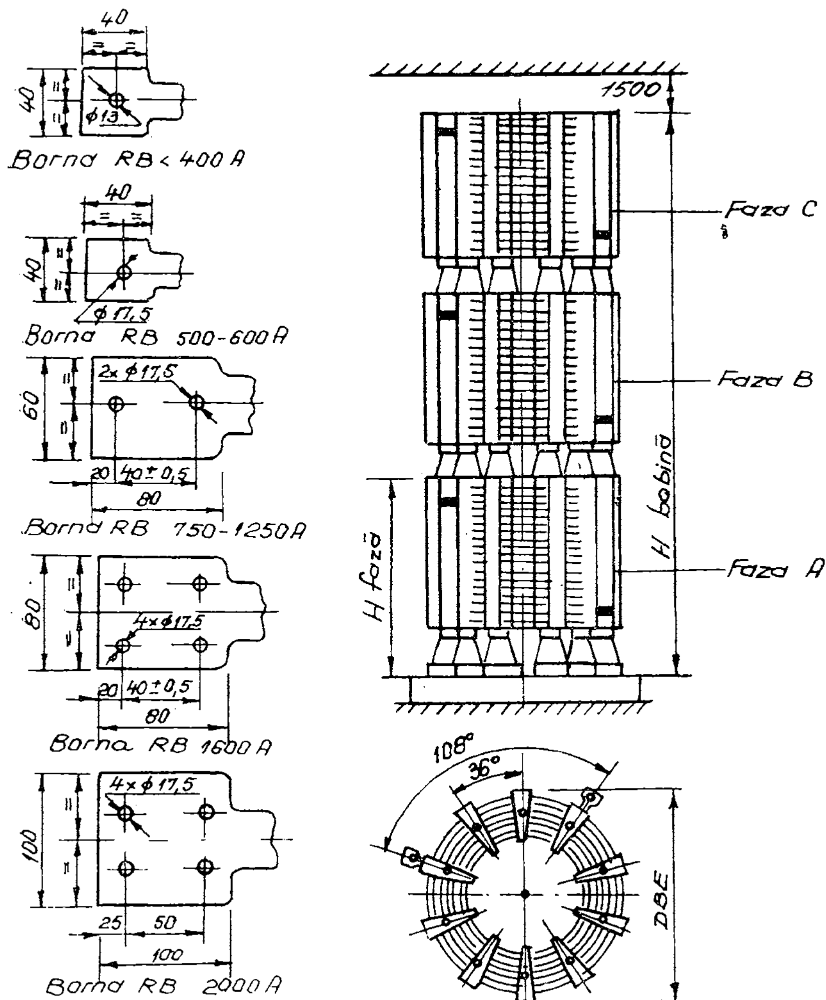
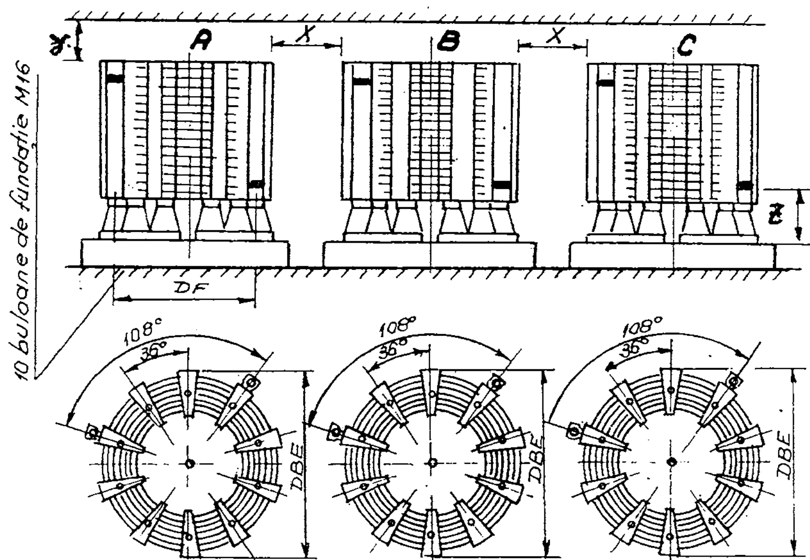


Fig. 9. Montarea suprapusă a bobinelor:

1) Se admite o toleranță a cotelor de gabarit de ±0,2%; *2)* Faza din mijloc „B" se execută cu înfășurarea în sens invers decît celelalte faze „A" și „C"; *3)* Montarea suprapusă se aplică bobinelor a căror masă trifazată nu depășește 3 000 kg.



TIPUL BOBINEI	Df diametrul buloanelor de fundație	DBE diametrul ext. al col. de beton
RB 7 cond./fază	915	1025
RB 8 cond./fază	995	1140
RB 12 cond./fază	1135	1420

TENS. BOBINEI	Distanța în mm		
	X	Y	Z
RB 6 kV	463	1500	285
RB 10 kV	580	1500	285
RB 15 kV	700	1500	325

Fig. 10. Montarea alăturată a bobinelor.

Anexa 2

Parametrii tehnici ai bobinelor de reactanță în beton (datele se referă numai la o singură fază)

Nr. crt.	Tipul bobinei de reactanță	Tensiunea nominală, kV	Curentul nominal, A	Reactanța procentuală x_r, %	Impedanța nominală calculată $Z_N \cong N$ ohmi/fază	Rezistența ohmică la 20°C, ohmi/fază	Valoare calculată a pierderilor în sarcină pe fază la 20°C, kW *	Curentul limită termic, kA ef.	Curentul limită dinamic, kA max.	Secțiunea căii de curent („n" conduct. conectate în paralel), mm²	Observații
1	RB-6-75-8	7,2	75	8	4,42	$7{,}15 \cdot 10^{-2}$	0,522	0,94	2,4	1×185	Se execută cu cond. Al
2	RB-6-200-4	7,2	200	4	0,835	$2{,}38 \cdot 10^{-2}$	1,24	5	12,75	1×185	„
3	RB-6-200-8	7,2	200	8	1,66	$3{,}7 \cdot 10^{-2}$	1,92	2,5	6,375	1×185	„
4	RB-6-400-4	7,2	400	4	0,416	$1{,}18 \cdot 10^{-2}$	2,45	10	25,5	2×185	„
5	RB-6-400-12	7,2	400	12	1,25	$2{,}72 \cdot 10^{-2}$	5,65	3,33	8,491	1×240	„
6	RB-6-500-4	7,2	500	4	0,333	$0{,}935 \cdot 10^{-2}$	2,98	12,5	31,87	2×185	„
7	RB-6-500-10	7,2	500	10	0,835	$1{,}565 \cdot 10^{-2}$	5,1	5	12,75	2×185	„
8	RB-6-600-4	7,2	600	4	0,2775	$0{,}78 \cdot 10^{-2}$	3,65	15	38,25	2×185	„
9	RB-6-600-5	7,2	600	5	0,3475	$0{,}83 \cdot 10^{-2}$	3,9	12	30,6	2×185	„
10	RB-6-600-6	7,2	600	6	0,416	$1{,}01 \cdot 10^{-2}$	4,74	10	25,5	2×185	„
11	RB-6-600-10	7,2	600	10	0,695	$1{,}35 \cdot 10^{-2}$	6,32	6	15,3	2×185	„
12	RB-6-750-5	7,2	750	5	0,2775	$0{,}515 \cdot 10^{-2}$	3,75	15	38,25	3×185	„
13	RB-6-1000-4	7,2	1000	4	0,166	$0{,}42 \cdot 10^{-2}$	5,5	25	63,75	3×185	„
14	RB-6-1000-5	7,2	1000	5	0,208	$0{,}485 \cdot 10^{-2}$	6,3	20	51	3×185	„
15	RB-6-1000-6	7,2	1000	6	0,25	$0{,}525 \cdot 10^{-2}$	6,85	16,6	42,33	3×185	„
16	RB-6-1000-8	7,2	1000	8	0,333	$0{,}68 \cdot 10^{-2}$	8,9	12,5	31,87	3×185	„
17	RB-6-1000-10	7,2	1000	10	0,416	$0{,}588 \cdot 10^{-2}$	7,66	10	25,5	3×240	„
18	RB-6-1500-6	7,2	1500	6	0,166	$0{,}266 \cdot 10^{-2}$	7,8	25	63,75	4×240	„
19	RB-6-1500-8	7,2	1500	8	0,225	$0{,}293 \cdot 10^{-2}$	8,6	18,75	47,81	4×240	„

20	RB-6-1500-10	7,2	1500	10	0,2775	$0{,}355\cdot10^{-2}$	10,4	15	38,25	4×240	,,
21	RB-6-2000-6	7,2	2000	6	0,125	$0{,}152\cdot10^{-2}$	7,8	33,3	84,91	6×240	,,
22	RB-6-2000-8	7,2	2000	8	0,166	$0{,}184\cdot10^{-2}$	9,6	25	63,75	6×240	,,
23	RB-6-2000-10	7,2	2000	10	0,208	$0{,}236\cdot10^{-2}$	12,2	20	51	6×240	,,
24	RB-6-2000+2000-8+8	7,2	2000 2000	8/8	0,166/0,166	$0{,}184\cdot10^{-2}$/ $0{,}184\cdot10^{-2}$	9,6/9,6	25/25	63,75/ 63,75	6×240	,,
25	RB-10-200-3	12	200	3	1,05	$2{,}95\cdot10^{-2}$	1,53	6,66	16,98	1×185	,,
26	RB-10-400-4	12	400	4	0,695	$1{,}36\cdot10^{-2}$	2,84	10	25,5	2×185	,,
27	RB-10-400-5	12	400	5	0,868	$1{,}60\cdot100^{-2}$	3,34	8	20,4	2×185	,,
28	RB-10-400-6	12	400	6	1,04	$1{,}85\cdot10^{-2}$	3,85	6,66	16,98	2×185	,,
29	RB-10-400-8	12	400	8	1,39	$2{,}07\cdot10^{-2}$	4,32	5	12,75	2×185	,,
30	RB-10-400-10	12	400	10	1,73	$2{,}38\cdot10^{-2}$	4,97	4	10,2	2×185	,,
31	RB-10-600-4	12	600	4	0,463	$1{,}06\cdot10^{-2}$	4,98	15	38,25	2×185	,,
32	RB-10-600-6	12	600	6	0,695	$1{,}482\cdot10^{-2}$	9,8	10	25,5	2×185	,,
33	RB-10-600-8	12	600	8	0,925	$1{,}32\cdot10^{-2}$	6,4	7,5	19,12	2×240	,,
34	RB-10-600-10	12	600	10	1,155	$1{,}53\cdot10^{-2}$	7,2	6	15,3	2×240	,,
35	RB-10-1000-4	12	1000	4	0,2775	$0{,}438\cdot10^{-2}$	5,7	25	63,75	3×240	,,
36	RB-10-1000-6	12	1000	6	0,418	$0{,}534\cdot10^{-2}$	6,84	16,6	42,33	3×240	,,
37	RB-10-1000-8	12	1000	8	0,555	$0{,}625\cdot10^{-2}$	8,12	12,5	31,87	3×240	,,
38	RB-10-1000-10	12	1000	10	0,695	$0{,}715\cdot10^{-2}$	9,4	10	25,5	3×240	,,
39	RB-10-1500-6	12	1500	6	0,2775	$0{,}39\cdot10^{-2}$	11,4	25	63,75	4×240	,,
40	RB-10-2000-6	12	2000	6	0,208	$0{,}266\cdot10^{-2}$	14,7	33,3	84,91	6×240	,,
41	RB-15-300-5	17,5	300	5	1,682	$3{,}12\cdot10^{-2}$	3,66	6	15,3	1×240	,,

* Valoarea pierderilor în sarcină indicată în tabel este informativă; valoarea se va determina experimental.

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	**Normativ privind metodologia de calcul a curenților de scurtcircuit — Instalații cu tensiune peste 1 kV**	**PE 134/74**
		Grupa 1 Electro-energetică

C U P R I N S

Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 96/1975	**Înlocuiește :**	**Data intrării în vigoare: 1.06.1975**

1. DOMENIUL DE APLICARE

1.1. Prezentul normativ se aplică la calculul curenților de scurtcircuit în instalații electroenergetice de curent trifazat, cu tensiunea între 1 și 400 kV, pentru defectele considerate la paragraful 2.21.

1.2. Calculul curenților de scurtcircuit este necesar să se efectueze pentru:

— dimensionarea instalațiilor energetice noi;

— verificarea instalațiilor existente la solicitări de scurtcircuit, în condiții noi de dezvoltare a rețelei sistemului energetic național;

— stabilirea reglajelor protecției prin relee din instalațiile electrice;

— determinarea influenței liniilor electrice de înaltă tensiune asupra liniilor de telecomunicații;

— verificarea la stabilitate termică a liniilor electrice.

1.3. Calculele curenților de scurtcircuit se întocmesc cu o perspectivă diferită, în funcție de scopul lor, și anume:

— 5—10 ani pentru dimensionarea instalațiilor noi;

— 1—3 ani pentru verificarea instalațiilor;

— 5 ani pentru determinarea influenței liniilor electrice de înaltă tensiune asupra liniilor de telecomunicații;

— în mod curent la schimbări de configurație și regim pentru reglajul protecției.

2. DEFINIȚII

2.1. **Defectul** este modificarea accidentală locală a caracteristicilor unui circuit electric (de exemplu, ruperea unui conductor sau slăbirea izolației).

2.2. Scurtcircuitul reprezintă legătura galvanică voită sau întîmplătoare între două puncte ale unei instalații electrice cu potențiale diferite în regimul anterior.

2.3. Sistemul trifazat simetric este un sistem în care toate mărimile componente (tensiuni, curenți) au aceeași valoare efectivă (aceeași amplitudine), iar defazajele dintre mărimile consecutive sînt egale între ele și egale cu $\frac{2\pi}{3}$.

2.4. Sistemul trifazat nesimetric este un sistem în care cel puțin una din condițiile de la punctul 2.3. nu este îndeplinită.

2.5. Componentele simetrice ale unui sistem nesimetric de curent (tensiune) sînt sisteme simetrice oarecare de fazori, prin care poate fi înlocuit orice sistem trifazat de curenți (tensiuni) nesimetric. Componentele, utilizate în cele ce urmează, după succesiunea fazelor sînt:

— directe
$$\underline{I}_d = \frac{1}{3}(\underline{I}_R + a^2 \underline{I}_S + a \underline{I}_T)$$

— inverse
$$\underline{I}_i = \frac{1}{3}(\underline{I}_R + a \underline{I}_S + a^2 \underline{I}_T)$$

— homopolare
$$\underline{I}_h = \frac{1}{3}(\underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T)$$

În mod similar se definesc și componentele simetrice de tensiune.

2.6. Rețeaua trifazată echilibrată este rețeaua, în care impedanțele echivalente de fază și cele față de pămînt, precum și impedanțele mutuale între faze sînt egale. Într-o rețea trifazată echilibrată, cu tensiuni electromotoare simetrice, tensiunile și curenții, în condiții normale de funcționare, formează sisteme simetrice.

2.7. Rețeaua trifazată dezechilibrată este rețeaua în care cel puțin una din impedanțele proprii ale fazelor sau din cele mutuale este diferită de celelalte.

◆ **2.8. Curentul de scurtcircuit** este curentul care trece prin locul de defect în timpul scurtcircuitului. Curentul de scurtcircuit este iniţial asimetric, în raport cu axa de timp şi poate fi descompus într-o componentă de curent periodică (simetrică) şi o componentă aperiodică (fig. 1) $I_t = I_p + I_c$.

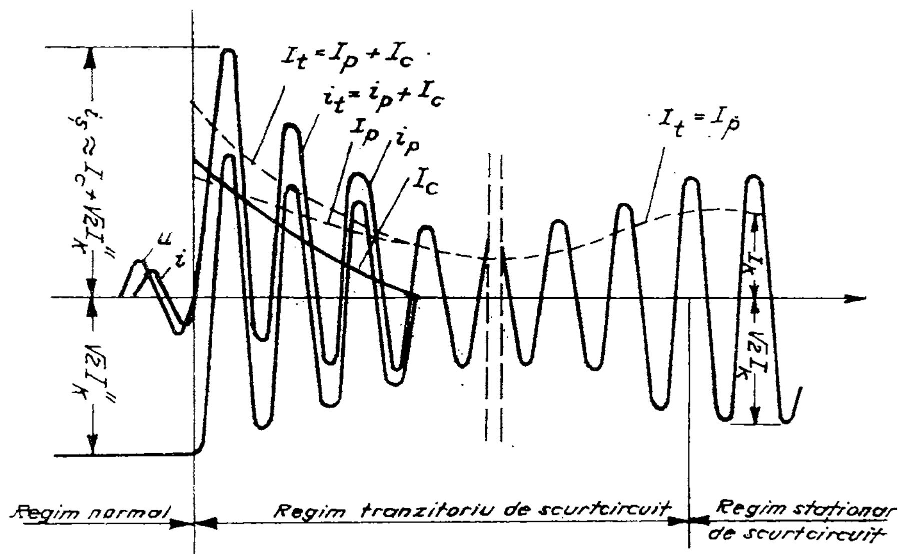


Fig. 1

2.9. Componenta periodică I_p a curentului de scurtcircuit este componenta curentului de scurtcircuit de frecvenţă egală cu cea de exploatare. Componenta periodică scade de la o valoare iniţială I''_k pînă la valoarea permanentă I_k. La un scurtcircuit apropiat de generator, această scădere este importantă, în timp ce la un scurtcircuit depărtat de generator, valoarea componentei periodice a curentului de scurtcircuit este aproximativ constantă pe toată durata scurtcircuitului.

◆ **2.10. Componenta aperiodică** denumită şi componenta de curent continuu (I_c) a curentului de scurtcircuit este componenta curentului de frecvenţă nulă (de curent continuu) determinată de variaţia fluxului statorului.

2.11. Valoarea iniţială a componentei periodice I_k'' a curentului de scurtcircuit este valoarea sa efectivă în momentul producerii scurtcircuitului. Mărimea sa este determinată de reactanţele reţelei şi de reactanţele supratranzitorii ale maşinilor sincrone (2.28.).

2.12. Curentul de scurtcircuit de şoc $i_ş$ este cea mai mare valoare instantanee a curentului după producerea scurtcircuitului. Această valoare depinde de valoarea şi faza tensiunii electromotoare în momentul producerii scurtcircuitului. Calculul curentului de scurtcircuit de şoc se face pentru momentul care dă cea mai mare valoare a acestuia.

2.13. Valoarea tranzitorie a componentei periodice I_k' a curentului de scurtcircuit este valoarea sa efectivă, care se determină din reactanţele reţelei şi din reactanţele tranzitorii longitudinale X_d' ale generatoarelor (2.27.).

2.14. Valoarea permanentă I_k a curentului de scurtcircuit este valoarea sa efectivă, care se stabileşte după trecerea procesului tranzitoriu. Această valoare depinde de reactanţele reţelei şi de caracteristicile sistemului de reglaj al tensiunii generatoarelor.

2.15. Curentul de declanşare I_a este valoarea efectivă a componentei periodice a curentului de scurtcircuit, care trece prin întreruptor în momentul primei separări a contactelor.

2.16. Curentul parţial de scurtcircuit este partea curentului de scurtcircuit în diversele ramuri ale reţelei.

2.17. Tensiunea nominală a reţelei U_N este valoarea tensiunii electrice între faze, după care este denumită reţeaua şi la care se referă anumite caracteristici de exploatare.

2.18. Tensiunea de exploatare U este valoarea medie a tensiunii cu care este exploatată o reţea în regim normal. Prin reţea se înţelege totalitatea instalaţiilor care funcţionează interconectat la aceeaşi tensiune nominală. Tensiunea de exploatare a reţelei poate fi înlocuită cu tensiunea nominală atît timp cît reţeaua nu este exploatată un timp îndelungat cu o tensiune superioară.

2.19. Tensiunea iniţială a maşinii sincrone E'' este valoarea efectivă a tensiunii reale în momentul producerii scurtcircui-

tului în spatele reactanţei X_d''. Această tensiune se indică ca tensiune de fază şi este dependentă de sarcina din momentul anterior scurtcircuitului.

2.20. **Puterea de scurtcircuit iniţială** S_k'' este produsul dintre valoarea iniţială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit cu tensiunea de exploatare şi factorul de fază $\sqrt{3}$ ($S_k''=\sqrt{3}\ U\ I_k''$).

2.21. **Tipurile de defecte transversale** care pot apărea în reţele electrice sînt: trifazat, bifazat, bifazat cu pămînt, monofazat şi dublă punere la pămînt.

2.22. **Impedanţa de scurtcircuit** Z este impedanţa totală a circuitului străbătut de curentul de scurtcircuit.

2.23. **Impedanţa directă** Z_d a unei reţele trifazate este impedanţa acesteia de succesiune directă, văzută de la locul de defect. Impedanţa directă se obţine dacă la locul de defect se aplică (între punctul de nul şi locul de defect) un sistem direct de tensiuni simetrice şi dacă toate maşinile sincrone şi asincrone sînt scurtcircuitate după impedanţa lor internă (în punctul de potenţial nul al schemei).

2.24. **Impedanţa inversă** Z_i a unei reţele trifazate este impedanţa fiecărei faze văzută de la locul de defect într-un sistem invers. Această impedanţă se obţine dacă la locul de defect se aplică un sistem invers de tensiuni. Impedanţele inverse diferă de cele directe numai la maşinile rotative.

2.25. **Impedanţa homopolară** Z_h a unei reţele trifazate este impedanţa fiecărei faze văzută de la locul de defect într-un sistem homopolar. Aceasta se obţine dacă la locul de defect se aplică o tensiune între toate fazele scurtcircuitate şi conductoarele de întoarcere comune (pămînt, instalaţii de punere la pămînt, conductor de nul, conductor de protecţie, mantale ale cablurilor). În general, impedanţele homopolare diferă de cele directe şi inverse.

2.26. **Reactanţa sincronă longitudinală** X_d este raportul, în regim stabilizat, dintre valoarea amplitudinii fundamentalei componentei tensiunii electromotoare a indusului, produsă de fluxul longitudinal total, datorat componentei longitudinale a curentului indus, şi valoarea amplitudinii fundamentalei acestui curent, maşina rotindu-se cu turaţia nominală.

2.27. Reactanța tranzitorie longitudinală X_d' este raportul dintre valoarea inițială a unei variații bruște a amplitudinii fundamentalei componentei tensiunii electromotoare induse, produsă de fluxul longitudinal total, și valoarea variației simultane a amplitudinii fundamentalei componentei logitudinale a curentului din indus, mașina rotindu-se la turația nominală, componentele cu descreștere rapidă în timpul primelor perioade fiind neglijate.

2.28. Reactanța supratranzitorie longitudinală X_d'' (reactanța inițială) este reactanța reală a mașinii în momentul producerii scurtcircuitului. Se definește ca raportul dintre valoarea inițială a unei variații bruște a amplitudinii fundamentalei componentei tensiunii electromotoare induse, produsă de fluxul longitudinal total al indusului, și valoarea variației simultane a amplitudinii fundamentalei componentei longitudinale a curentului indusului, mașina rotindu-se la turația nominală.

2.29. Constanta de timp în scurtcircuit a indusului T_a este timpul necesar pentru ca valoarea componentei continue aperiodice, prezente în curentul de scurtcircuit, să descrească pînă la 0,368 din valoarea sa inițială, în urma unei variații bruște a condițiilor de funcționare, mașina rotindu-se cu turația nominală.

2.30. Constanta de timp tranzitorie longitudinală în circuit deschis T_{d_0}' este timpul necesar pentru ca valoarea componentei lent amortizate a tensiunii în circuit deschis, datorată fluxului longitudinal, să descrească pînă la 0,368 din valoarea sa inițială, în urma unei variații bruște a condițiilor de funcționare, mașina rotindu-se la turația nominală.

2.31. Constanta de timp tranzitorie longitudinală în scurtcircuit T_d' este timpul necesar pentru ca valoarea componentei cu variația lentă a curentului longitudinal din indusul în scurtcircuit să descrească pînă la 0,368 din valoarea sa inițială, în urma unei variații bruște a condițiilor de funcționare, mașina rotindu-se la turația nominală.

2.32. Constanta de timp supratranzitorie longitudinală în scurtcircuit T_d'' este timpul necesar pentru ca valoarea componentei cu amortizare rapidă a curentului longitudinal din indusul în scurtcircuit, componentă prezentă în primele pe-

rioade care urmează unei variaţii bruşte a condiţiilor de funcţionare, să descrească pînă la 0,368 din valoarea sa iniţială, maşina rotindu-se la turaţia nominală.

2.33. Metoda completă de calcul este metoda în care se utilizează o reprezentare cît mai precisă a regimului reţelei înainte de apariţia scurtcircuitului, cît şi a elementelor reţelei, pentru care se determină valorile curenţilor de scurtcircuit.

2.34. Metoda simplificată de calcul este metoda în care se admit ipoteze simplificatoare asupra elementelor reţelei.

3. METODE DE CALCUL ALE CURENŢILOR DE SCURTCIRCUIT

3.1. Pentru calculul curenţilor de scurtcircuit, în funcţie de scopul acestora, se utilizează metode complete de calcul (2.33.) şi metode simplificate de calcul (2.34.).

3.2. Metoda completă de calcul se utilizează la:

— verificarea instalaţiilor la care puterea de scurtcircuit rezultată prin metoda simplificată este apropiată de puterea pentru care au fost dimensionate instalaţiile respective;

— unele cazuri particulare de reglaj sau alegere a tipurilor de protecţie pentru instalaţiile noi.

3.3. Metoda simplificată de calcul se utilizează la:

— dimensionarea instalaţiilor electrice;

— influenţa liniilor electrice de înaltă tensiune asupra liniilor de telecomunicaţii;

— calculele de stabilitate termică a liniilor electrice;

— calculele curente de reglaj al protecţiei.

3.4. În calculele de scurtcircuit cu metoda completă se iau în considerare următoarele:

— regimul anterior apariţiei scurtcircuitului, din care se determină valorile tensiunilor în toate nodurile reţelei;

— liniile aeriene şi cablurile electrice ce se reprezintă prin rezistenţa, reactanţa inductivă şi cea capacitivă;

— autotransformatoarele şi transformatoarele, ce se reprezintă prin reactanţele lor calculate, ţinînd seama de plotul de funcţionare din regimul anterior scurtcircuitului ;

Nr. crt.	Scopul calculelor	Metoda de calcul utilizată (elemente ce se consideră în calcul)				
		MT rețea aeriană sau cablu	110 kV rețea cablu	110 kV rețea aeriană	220 kV	400 kV
1	Dimensionarea echipamentului din stații, prize de pămînt, reglaj protecție	Metoda simplificată				
		R, X	X			
2	Verificarea instalațiilor existente Cazuri particulare pentru alegerea tipurilor de protecție în instalații noi	Metoda completă (cu considerarea regimului anterior scurtcircuitului): — pentru linii R, X, Y_c — pentru sarcini P, Q — pentru generatoare, motoare, modelarea fenomenului tranzitoriu				
3	Verificarea influenței asupra liniilor de telecomunicații	Metoda simplificată				
		X, R R_{arc}	X, R_{arc}			
4	Verificarea stabilității termice a) LEA	nu se verifică	Metoda simplificată X, R_{arc}			
	b) LES	Metoda simplificată X, R				

NOTĂ: A se vedea paragrafele 5.8. și 5.9.

◆ *Tabelul 1*

Relaţiile de calcul		Observaţii
Scurtcircuit trifazat	Scurtcircuit monofazat	
$I_{k_3} = \frac{c \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot X_d}$	$I_{k_1} = \frac{\sqrt{3c} \cdot U_N}{2X_d + X_h}$	$c = 1$ pentru reţele cu $U_N = 6 \div 220$ kV $c = 1{,}1$ pentru reţele cu $U_N = 400$ kV $X_d = X_i$
$I_{k_3} = \frac{U_o}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_d^2 + X_d^2}}$	$I_{k_1} = \frac{\sqrt{3}\, U_o}{\sqrt{(2R_d + R_h)^2 + (2X_d + X_h)^2}}$	Aceste calcule se efectuează numai pentru situaţii în care puterea de scurtcircuit la o staţie este apropiată de cea a echipamentului. Se menţionează că metoda simplificată conduce de regulă la rezultate cu erori cuprinse între —3% şi +10% faţă de metoda completă. U_o — tensiunea în nod determinată din regimul anterior scurtcircuitului $X_d = X_i$
	a) pentru 110—400 kV $I_{k_1} = \frac{\sqrt{3c}\, U_N}{\sqrt{(2X_d + X_h)^2 + (3R_{arc})^2}}$ b) pentru MT conform relaţiilor din anexa 12	$c = 1{,}1$ pentru reţele cu $U_N = 6 \div 220$ kV $c = 1$ pentru reţele cu $U_N = 400$ kV $R_{arc} = 0$ defect în staţie $R_{arc} = 15\,\Omega$ defect pe LEA (cu conductor de protecţie) $R_{arc} = 50\,\Omega$ defect pe LEA (fără conductor de protecţie) $X_d = X_i$
	idem poziţia 3 a	$R_{arc} = 5\,\Omega$
Idem poziţia 2	idem poziţia 2	$U_o = cU_N$

— generatoarele din noduri, ce se reprezintă prin injectoare de curent (din puterea activă și reactivă cu care au fost încărcate în regimul anterior scurtcircuitului) și prin reactanța supratranzitorie conectată între nodul respectiv și pămînt.

OBSERVAȚIE. *În cazul determinării puterii de scurtcircuit pentru analiza fenomenului de flicker, generatoarele se modelează prin reactanța lor tranzitorie.*

— consumatorii se reprezintă prin impedanțe conectate între nodurile respective și pămînt.

3.5. În metoda simplificată de calcul se admit următoarele ipoteze asupra reprezentării diferitelor elemente ale rețelei în schemele de calcul :

— se consideră aceeași tensiune U în toate nodurile rețelei ;

— liniile aeriene și cablurile de înaltă tensiune ($U \geqslant 110$ kV) se reprezintă numai prin reactanța inductivă ;

— autotransformatoarele și transformatoarele se reprezintă numai prin reactanța lor, considerînd funcționarea pe plotul mediu ;

— sarcinile se neglijează, cu excepția compensatoarelor și a motoarelor sincrone și asincrone.

3.6. În calculele curenților de scurtcircuit în rețeaua de medie tensiune, cu metoda simplificată de calcul, liniile aeriene și cablurile electrice se consideră prin rezistențele și reactanțele lor inductive.

3.7. În tabelul 1, în funcție de scopul calculelor de scurtcircuit, se indică metoda și elementele ce trebuie luate în considerare în aceste calcule.

OBSERVAȚIE. *Calculele de scurtcircuit se efectuează cu mijloace de calcul uzuale pentru scheme mici. În cazul schemelor mari și buclate calculele de scurtcircuit se efectuează cu calculatorul electronic. Pentru calculatorul IRIS — 50 există programe pentru metoda completă de calcul (REN) și pentru metoda simplificată de calcul (SCIT).*

4. ELEMENTELE ŞI SCHEMELE DE CALCUL

4.1. Pentru calculul curenţilor de scurtcircuit, schema de calcul se întocmește diferenţiat, în funcţie de scopul calculului :

a) Pentru calcule de dimensionare, în care este necesară determinarea valorilor maxime ale curenților de scurtcircuit, schema va cuprinde toate elementele reţelei, şi anume : toate generatoarele şi compensatoarele sincrone instalate în centrale, toate liniile, toate transformatoarele, şi, acolo unde este cazul, toate motoarele sincrone şi asincrone. Pentru asemenea calcule generatoarele şi motoarele se consideră prin reactanța lor supratranzitorie X_d''.

b) Pentru calcule de reglaj al protecţiei, de verificare a condiţiilor de pornire a motoarelor şi de stabilire a influenţei fenomenului de flicker, se va întocmi schema de calcul care conduce la condiţiile cele mai grele din punctul de vedere al fenomenului considerat. În acest scop se vor considera deconectate o parte din linii şi transformatoare şi se va ţine seama de revizia sau avaria unor grupuri din centrale. Pentru analiza fenomenului de flicker, generatoarele se consideră prin reactanţa lor tranzitorie X_d'.

4.2. Elementele unei reţele se introduc în calculul curenţilor de scurtcircuit prin impedanța Z sau prin reactanţa lor X, exprimate în unități absolute Ω sau în unități relative.

Prin valoarea relativă a unei mărimi fizice se înţelege raportul acesteia faţă de o altă mărime fizică de aceeaşi natură, aleasă ca unitate de bază. În calculele ce se efectuează, se alege o putere de bază S_b și o tensiune de bază U_b . Rezultă deci :

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3}\, U_b}$$

$$Z_b = \frac{U_b}{\sqrt{3}\, I_b} = \frac{U_b^2}{S_b},$$

Tensiunea, curentul şi impedanţa se exprimă în unităţi relative în funcţie de condiţiile de bază alese astfel :

$U_{*(b)} = \frac{U}{U_b}$	$U_* = \frac{U}{U_b}$
$S_{*(b)} = \frac{S}{S_b}$	$S_* = \frac{S}{S_b}$

sau

$I_{*(b)} = \frac{I}{I_b}$	$I_* = \frac{I}{I_b}$
$Z_{*(b)} = \frac{Z}{Z_b}$	$Z_* = \frac{Z}{Z_b}$

S_b se alege de obicei egală cu 100 MVA sau 1 000 MVA, iar U_b se consideră de obicei valoarea tensiunii reţelei în care are loc scurtcircuitul.

În cazul schemelor care conţin mai multe trepte de tensiune, legate între ele prin transformatoare, în cazul în care impedanţele (reactanţele) reţelei sînt exprimate în valori absolute (Ω) este necesar ca toate impedanţele (reactanţele) să fie raportate la aceeaşi treaptă de tensiune (de obicei, cea în care are loc scurtcircuitul).

În cazul exprimării în unităţi relative, toate impedanţele (reactanţele) trebuie raportate la o aceeaşi putere de bază şi la o aceeaşi tensiune de bază. Dacă se calculează curenţii de scurtcircuit în mai multe trepte de tensiune, alegerea de fiecare dată, ca tensiune de bază, a tensiunii medii a treptei în care are loc scurtcircuitul, conduce la faptul că valorile relative ale impedanţelor (reactanţelor) rămîn aceleaşi, indiferent de locul scurtcircuitului (se schimbă valoarea impedanţei elementului exprimată în valori absolute, cît şi impedanţa de bază, astfel încît raportul lor, care reprezintă impedanţa relativă, să rămînă neschimbat).

Relațiile de calcul ale impedanței (reactanței) elementelor unei rețele sînt prezentate în anexa 1.

4.2.1. Aportul la scurtcircuit al condensatoarelor în paralel poate fi neglijat în calculele de scurtcircuit.

4.2.2. Dimensionarea sau verificarea echipamentului stațiilor electrice și a cablurilor se fac considerînd că rezistența arcului la locul de defect este nulă.

Pentru anumite situații, prevăzute de standarde sau prescripții, se poate considera la locul de defect o rezistență.

Astfel, la verificarea la solicitări termice a elementelor liniilor aeriene se consideră la locul de defect o rezistență de 5 Ω.

La verificarea influenței liniilor de energie electrică asupra liniilor de telecomunicații se consideră o rezistență avînd următoarele valori :

— 15 Ω pentru defecte pe linii aeriene cu conductoare de protecție ;

— 50 Ω pentru defecte pe linii aeriene fără conductoare de protecție.

4.3. Pentru calculul impedanțelor (reactanțelor) diverselor elemente se consideră caracteristicile indicate de fabrica constructoare. Pentru situațiile în care aceste valori nu se cunosc, se vor folosi valorile caracteristice pentru elemente similare, indicate în anexele 2, 3, 6 a, 6 b, 7, 8 sau valorile medii indicate în anexa 9.

4.4. Schema echivalentă pentru calculul curenților de scurtcircuit se întocmește pentru o singură fază, atît în calculul scurtcircuitelor simetrice, cît și al celor nesimetrice. Pentru scurtcircuite simetrice este necesară numai schema de succesiune directă ; pentru scurtcircuite nesimetrice se întocmesc scheme echivalente, separate, pentru succesiunile : directă, inversă și, după caz, și cea homopolară.

4.5. În calculele de scurtcircuit se consideră reactanța directă egală cu cea inversă, pentru toate elementele de rețea. Excepție : în cazul în care este necesar să se calculeze un scurt-

circuit la bornele generatorului, se consideră $x_i \neq x_d$, conform datelor de fabrică. În lipsa acestora se poate considera :

$x_i = 1,45\ x_d''$ — pentru maşini fără înfăşurări de amortizare ;

$x_i = 1,22\ x_d''$ — pentru turbogeneratoare şi maşini cu înfăşurări de amortizare.

4.6. Reactanţele homopolare ale transformatoarelor (autotransformatoarelor) sînt determinate de construcţia lor, de schema de conexiuni a înfăşurărilor şi de modul de tratare a neutrului. În anexa 5 se indică relaţiile de calcul ale reactanţelor homopolare ale transformatoarelor (autotransformatoarelor).

4.7. Impedanţele homopolare ale liniilor electrice aeriene şi ale cablurilor sînt determinate de tipul constructiv, de dispoziţia conductoarelor pe stîlp şi, respectiv, a fazelor cablurilor în şanţ, de caracteristicile conductorului de protecţie a mantalelor cablurilor, precum şi ale solului.

Relaţiile de calcul al impedanţelor homopolare pentru linii aeriene sînt indicate în anexa 7. Pentru cabluri determinarea impedanţelor homopolare se face cu ajutorul diagramelor indicate în anexa 8.

5. CURENŢII DE SCURTCIRCUIT NECESARI ÎN DIMENSIONAREA ŞI VERIFICAREA INSTALAŢIILOR ENERGETICE

5.1. Pentru dimensionarea şi verificarea echipamentului electric este necesar să se ia în considerare valoarea cea mai mare dintre curenţii de scurtcircuit care pot apărea în tipurile de defecte menţionate la paragraful 2.21.

5.2. Pentru dimensionarea şi verificarea echipamentului electric este necesar să se determine următoarele mărimi :

— componenta periodică a curentului iniţial de scurtcircuit (curentul de scurtcircuit la timpul zero I_k'') definit la paragraful 2.11. ;

— curentul de declanșare (I_a) definit la paragraful 2.15. ;
— curentul permanent de scurtcircuit (I_k) definit la paragraful 2.14. ;
— curentul de scurtcircuit de șoc ($i_ș$) definit la paragraful 2.12. ;
— curentul prin pămînt care este :
  — un curent de scurtcircuit, în cazul rețelelor cu neutrul legat direct la pămînt ;
  — un curent capacitiv sau de dublă punere la pămînt, în cazul rețelelor cu neutrul izolat sau tratat cu bobină de stingere.

5.3. Pentru scurtcircuitul trifazat, relațiile de calcul pentru curenții de scurtcircuit I''_k, I_a, I_k și $i_ș$ sînt prezentate în tabelul 2.
unde : k' și K_∞ se determină din curbele de decrement pentru timpul 0,1 sau cu 0,2 s, respectiv ∞, în funcție de reactanța rezultantă de calcul X_{calc}.

$$X_{calc} = x_* \cdot \frac{\Sigma S_N}{S_b}$$

dacă elementele rețelei sînt reprezentate în unități relative;

$$X_{calc} = x_\Omega \cdot \frac{\Sigma S_N}{U^2}$$

dacă elementele rețelei sînt reprezentate în valori absolute raportate la tensiunea U;

Tabelul 2

Curentul	Elementele rețelei în unități absolute	Elementele rețelei în unități relative
I''_k	$I''_k = \frac{c\,U_N}{\sqrt{3}\sqrt{R^2+X^2}}$	$I''_k = \frac{c\,S_b}{\sqrt{3}\,U_N\sqrt{R_*^2+X_*^2}}$
I_a	$I_a = k' I_N$	$I_a = k' I_N$
I_k	$I_k = k_\infty I_N$	$I_k = k_\infty I_N$
$i_ș$	$i_ș = x_\chi \cdot \sqrt{2}\, I''_k$	$i_ș = x_\chi \cdot \sqrt{2}\, I''_k$

ΣS_N este puterea nominală a generatoarelor din rețea în MVA, pentru care se determină X_{calc};

S_b — puterea de bază în MVA ;

c — un factor care ține seama de diferența între tensiunea aplicată la locul de defect (în momentul anterior defectului) și tensiunea nominală :
$c = 1,1$ pentru tensiunile de 6—220 kV ;
$c = 1$ pentru tensiunea de 400 kV.

Se menționează că în situațiile în care în calculele de scurtcircuit, elementele rețelei se reprezintă prin impedanțele lor, X_{calc} se aproximează prin modulul impedanței rezultante Z.

$\varkappa$ este un coeficient de șoc, care se determină din nomograma prezentată în anexa 13, în funcție de raportul R/X al impedanței echivalente de la sursă la locul de scurtcircuit.

5.4. Pentru valori ale lui X_{calc} mai mari decît 3, se poate considera $I_k'' = I_a = I_k$.

5.5. Pentru calculul curenților de scurtcircuit la barele centralelor la care sînt racordate grupuri hidrogeneratoare mai mari de 100 MW și grupuri termogeneratoare cu sisteme de excitație statică și regulatoare de tensiune tranzistorizate rapide, aportul acestora se determină astfel :

— pentru I_k'' se consideră generatorul reprezentat prin reactanța supratranzitorie X_d'';

— pentru I_a și I_k generatoarele se vor considera modelate prin ecuațiile Park (cu ajutorul calculatoarelor electronice).

Pentru grupurile termogeneratoare pînă la 300 MW cu regulatoare electromagnetice cu compoundaj și corector, și pentru grupurile hidrogeneratoare pînă la 100 MW calculul curenților de scurtcircuit I_k'', I_a și I_k se face modelînd generatorul prin reactanța supratranzitorie X_d'' și utilizînd coeficienții de decrement k (anexa 14) pentru timpul 0,1 s și ∞

5.6. În cazul scurtcircuitelor nesimetrice, calculul curenților de scurtcircuit se efectuează cu ajutorul metodei componentelor simetrice.

Cele trei scheme de calcul, directă, inversă și homopolară, se conectează între ele în funcție de tipul scurtcircuitului, așa cum se indică în anexa 11. Schemele echivalente pentru dife-

Tabelul 3

Curentul	Scurtcircuitul monofazat	Scurtcircuitul bifazat fără punere la pămînt	Scurtcircuitul bifazat cu punere la pămînt	Dubla punere la pămînt
I_k''	Conform anexei 11	Conform anexei 11	Conform anexei 11	Conform anexei 11
I_a	$I_{a_1} = I_{k_1}''$	$I_{a_2} = kI_N$	Nu este concludent	$I_{app} = I_{kpp}''$
I_k	$I_{k_1} = I_{k_1}''$	$I_{k_2} = \sqrt{3}\, k_\infty I_N$	Nu este concludent	$I_{kpp} = I_{kpp}''$
$i_ș$	$i_{ș_1} = \sqrt{2} \times I_k''$	$i_{ș_2} = \sqrt{2} \times I_{k_2}''$	Nu este concludent	$i_{șpp} = \sqrt{2} \times I_{kpp}''$

rite tipuri de defecte nesimetrice pot fi considerate ca scheme de secvență directă, în care se introduce la locul de defect o reactanță suplimentară, formată din impedanța inversă și homopolară, conectate între ele diferit după tipul de defect.

5.7. Pentru scurtcircuitele nesimetrice, relațiile de calcul pentru I_k'', I_a și I_k sînt prezentate în tabelul 3.

5.7.1. Curentul prin pămînt se calculează cu relațiile indicate în anexa 12 pentru diverse tipuri de scurtcircuit.

5.7.2. Curentul capacitiv de punere la pămînt, pentru rețele funcționînd cu neutrul izolat sau tratat cu bobină de stingere (în general rețelele de medie tensiune), se calculează cu relația :

$$I_p = \sqrt{3}\, U c_0 \omega,$$

unde :

U este tensiunea rețelei între faze ;

c_0 — capacitatea față de pămînt (anexele 7 și 8) ;

ω = $2\pi f$ (pentru $f = 50$ Hz, $\omega = 314$).

5.8. Pentru calcule de dimensionare și verificare a instalațiilor electrice la solicitările de scurtcircuit este necesar să se calculeze curenții de scurtcircuit trifazat sau monofazat, și anume :

— pentru valori ale raportului X_h/X_d, cuprinse între 0,2 și 1, curentul de scurtcircuit monofazat ($I_{k_1} > I''_{k_3}$) ;

— pentru valori ale raportului X_h/X_d mai mari decît 1, curentul de scurtcircuit trifazat ($I''_{k_3} \gg I''_{k_1}$).

5.9. Pentru determinarea curentului prin pămînt în rețele cu neutrul legat direct la pămînt, este necesar să se calculeze curenții de scurtcircuit monofazat sau bifazat cu pămînt, și anume :

— pentru valori ale raportului X_h/X_d mai mici decît 1, curentul de scurtcircuit bifazat cu pămînt ($I''_{k\,2p} > I''_{k_1}$) ;

— pentru valori ale raportului X_h/X_d mai mari decît 1, curentul de scurtcircuit monofazat ($I''_{k_1} > I''_{k\,2p}$).

OBSERVAȚIE. *Pentru situațiile în care este cunoscută valoarea curentului de scurtcircuit monofazat iar valoarea raportului $X_h/X_d > 1$, se poate obține valoarea curentului prin pămînt în cazul scurtcircuitului bifazat cu pămînt cu relația :*

$$I_{k\,2p} = k_p\, I_{k_1},$$

unde :

$$k_p = \frac{1 + 2\dfrac{X_h}{X_d}}{2 + \dfrac{X_h}{X_d}}$$

NOTĂ : *În anexele 15 și 16 sînt prezentate două exemple de calcul pentru determinarea curenților de scurtcircuit trifazat și monofazat.*

6. CONSIDERAREA MOTOARELOR LA CALCULUL CURENȚILOR DE SCURTCIRCUIT

6.1. Motoarele sincrone și compensatoarele sincrone se consideră în calculul curenților de scurtcircuit I''_k, I_a și I_k ca și generatoarele sincrone.

6.2. Motoarele asincrone cu tensiunea nominală peste 1 kV trebuie considerate în calculul curentului de scurtcircuit I_k'' astfel :

— totdeauna la bara de medie tensiune la care sînt racordate ;

— la barele de tensiune superioară la care sînt racordate prin transformatoare, numai dacă aportul acestor motoare la curentul de scurtcircuit este mai mare decît o abatere admisă de a % din aportul sistemului. Această condiție se verifică prin relația :

$$\frac{\Sigma S_M}{S_T} \leqslant \frac{aX_M}{\dfrac{100(1-a)S_T}{S_k} - au_{kT}},$$

unde :

ΣS_M este suma puterilor nominale ale tuturor motoarelor racordate la bara de medie tensiune, MVA ;

S_T — puterea nominală a transformatoarelor prin care sînt racordate la bara de tensiune superioară MVA ;

S_k — puterea de scurtcircuit a sistemului la bara de tensiune superioară (fără aportul motoarelor), MVA ;

X_M — reactanța supratranzitorie a motoarelor, % ;

u_{kT} — tensiunea de scurtcircuit a transformatorului care servește la racordarea motoarelor, %.

Pentru calcule de dimensionare la tensiunea de 110 kV sau mai mare se recomandă pentru „a" o valoare de 10%.

6.3. Aportul motoarelor asincrone la curentul de declanșare I_d este necesar să se calculeze numai în situația în care valoarea curentului de declanșare I_a (fără aportul motoarelor) este apropiată de valoarea curentului de rupere al întreruptoarelor, iar timpul total de rupere al acestora este mai mic de 0,15 s. Pentru aceste situații se va efectua un calcul care să țină seama de parametrii motoarelor rezultați din regimul anterior scurtcircuitului.

6.4. Pentru situaţiile în care se ţine seama de aportul motoarelor asincrone la valoarea curentului de scurtcircuit I''_k, acestea intervin şi în calculul curentului de şoc i_s.

7. CONSIDERAŢII PRIVIND ÎNTOCMIREA SCHEMELOR HOMOPOLARE

7.1. În calculele de scurtcircuit pentru întreaga reţea a sistemului energetic sau a unor zone mai întinse, în care se urmăreşte determinarea valorilor curenţilor de scurtcircuit numai la barele de 110—400 kV, se pot neglija inductanţele mutuale între circuitele liniilor electrice, care intervin în schema homopolară (anexa 7, poziţia 10).

7.2. În calculele de scurtcircuit, în care se determină variaţia curenţilor de scurtcircuit pe diverse linii, pentru influenţa acestora asupra liniilor de telecomunicaţii sau pentru dimensionarea la stabilitate termică a lor, schema homopolară se va întocmi ţinînd seama de inductanţele mutuale între circuite, deci liniile se vor considera după indicaţiile din anexa 7, poziţia 10.

Tabel de notaţii

1. *Curenţi*

I_b — curentul de bază
I_N — curentul nominal
I''_k — valoarea iniţială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit
I'_k — valoarea tranzitorie a componentei periodice a curentului de scurtcircuit
I_k — valoarea permanentă a curentului de scurtcircuit
I_d — componenta directă a curentului de scurtcircuit
I_i — componenta inversă a curentului de scurtcircuit
I_h — componenta homopolară a curentului de scurtcircuit
I_a — curentul de declanşare
i_s — curentul de şoc

2. *Tensiuni*

U_b — tensiunea de bază
U_N — tensiunea nominală
U — tensiunea de exploatare
E'' — tensiunea iniţială a maşinii sincrone

3. *Impedanţe, reactanţe*

Z_d — impedanţa directă a unei reţele trifazate
Z_i — impedanţa inversă a unei reţele trifazate
Z_h — impedanţa homopolară a unei reţele trifazate
X_d — reactanţa sincronă longitudinală
X_d' — reactanţa tranzitorie longitudinală
X_d'' — reactanţa supratranzitorie longitudinală
X_i — reactanţa inversă
X_h — rectanţa homopolară

4. *Puteri*

S_b — puterea aparentă de bază
S_N — puterea aparentă nominală
S_k'' — puterea de scurtcircuit iniţială

5. *Constante de timp*

T_a — constanta de timp în scurtcircuit
T_{do} — constanta de timp tranzitorie longitudinală în circuit deschis
T_d' — constanta de timp tranzitorie longitudinală în scurtcircuit
T_d'' — constanta de timp supratranzitorie longitudinală în scurtcircuit

6. *Indici*

R — faza R
S — faza S
T — faza T
d — secvenţa directă

i — secvența inversă
h — secvența homopolară
k — mărimile la locul de scurtcircuit
1 — monofazat
2 — bifazat fără punere la pămînt
2p — bifazat cu punere la pămînt
3 — trifazat
p — curentul prin pămînt
pp — dubla punere la pămînt
b — mărimile de bază
N — mărimile nominale
* — pentru valori exprimate în unități relative

Anexa 1

Relaţii de calcul pentru impedanţele (reactanţele) elementelor de reţea

Elementul	Impedanţa (Reactanţa), Ω	Impedanţa (Reactanţa), u.r.
Generator (compensatoare, motoare sincrone)	$X = \frac{X\%}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_{NG}}$ X = reactanţa maşinii	$X = \frac{X\%}{100} \cdot \frac{S_b}{S_{NG}}$
Motoare asincrone	$X = \frac{1}{I_{por}} \cdot \frac{U_N}{\sqrt{3} I_N}$ I_{por} = curentul de pornire	$X = \frac{1}{I_{por}} \cdot \frac{S_b}{S_{NM}}$
Transformatoare	$X = \frac{U_K\%}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_{NT}}$ U_K = tensiunea de scurtcircuit	$X = \frac{U_K\%}{100} \cdot \frac{S_b}{S_{NT}}$
Linii aeriene electrice, cabluri electrice	$Z = (r + j x) \cdot l^{(1)}$ l = lungimea liniei	$Z = (r + j x) \cdot l \cdot \frac{S_b}{U_N^2}$
Bobine de reactanţă	$X = \frac{\varepsilon\%}{100} \cdot \frac{U_N}{\sqrt{3} I_{NB}}$ ε = reactanţa relativă (căderea de tensiune nominală)	$Z = \frac{\varepsilon\%}{100} \cdot \frac{I_b}{I_{NB}} \cdot \frac{U_N}{U_b}$
Reactanţa reţelei de alimentare (în punctul k)	$X_K = \frac{U_{NK}^2}{S_K''}$	$X_K = \frac{c S_b}{S_K''}$
Sarcina	$Z = \frac{U_N^2}{P - jQ} = \frac{U_N^2}{S^2}(P + jQ)$	$Z = \frac{U_N^2}{P - jQ} \cdot \frac{S_b}{U_b^2} = \frac{S_b}{S^2}(P + jQ)$

1) Dacă calculul se face la o tensiune (U_2) diferită de cea a liniei (U_1) impedanţa Z_2 în valori absolute raportate U_2 va fi $Z_2 = Z_1 \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2$ în care $Z_1 = (R + j x)\ l$.

Anexa 2

Parametrii generatoarelor

Tipul	S_N MVA	U_N kV	I_N kA	Cos. φ_N	Rezistenţa înfăşurării * la 75°C (20°C) ($10^{-3}\Omega$)		Reactanţele în unităţi relative						Constantele de timp, s		Const. de inerţie (s)
					Stator	Rotor	X''_d	X'_d	X_d	X_q	X_i	X_h	T_{do}	T''_d	T_j
1. Turbogeneratoare fabricate în R.S.R.															
A 1300/900	3,75	6,3	0,343	0,8	33,3	345	0,123	0,169	1,689	1,689	0,151	0,0294			
A 1300/1050	5,0	6,3	0,459	0,8	26,4	370	0,126	0,190	1,771	1,771	0,154	0,0695			
A 1500/1400	9,0	6,3	0,825	0,8	11,6	341	0,142	0,200	1,877	1,877	0,173	0,0802			
TA-12-2	15,0	6,3	1,375	0,8	4,82	—	0,115	0,175	1,820	1,820	0,140	0,0550			
TH-60-2	75,0	10,5	4,125	0,8	—	99,5	0,146	0,217	1,657	1,657	—	—			
U.M.G.B.	188,2	15,75	6,900	0,85	2,55	92	0,222	0,188	2,1	2,1	0,23	0,102	4,616	0,035	
U.M.G.B.	388	24	—	0,85	—	—	0,222	0,288	2,07	2,07	—	0,116	6,13	0,096	
2. Hidrogeneratoare fabricate în R.S.R.															
HVS 260/35-10	3,8	6,3	—	0,9	—	—	0,21	0,215	1,12	—	—	—			
HVS 424/55-44	4,3	6,3	—	0,9	—	—	0,22	0,31	1,02	—	—	—			
HVS 260/55-10	5,8	6,3	—	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—			
HVS 420/65-28	6,2	6,3	—	0,9	—	—	0,17	0,27	0,981	—	—	—			
HVS 426/66-36	6,4	6,3	—	0,9	—	—	0,21	0,26	0,81	—	—	—			
HVS 375/150-24	8,5	6,3	—	0,9	—	—	0,18	0,27	1,089	—	—	—			
HVS 380/90-28	8,85	6,3	—	0,9	—	—	0,17	0,245	0,935	—	—	—			
HVS 375/100-24	9,5	6,3	—	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—			
HVS 602/95-44	12,5	6,3	—	0,9	—	—	0,21	0,32	1,03	—	—	—			
HVS 795/90-64	21,0	10,5	1,155	0,9	3,97	182,5	0,2128	0,2938	0,8058	0,5328	0,217	0,0905			
HVS 638/100-36	25,0	10,5	—	0,9	—	—	0,18	0,27	0,979	—	—	—			

HVS 420/125-20	25,5	10,5	—	0,9	—	—	0,17	0,23	1,066	—	—	—			
HVS 800/95-60	26,0	10,5	1,430	0,9	2,48	165,0	0,2398	0,3068	0,8712	0,5758	0,234	0,0896			
HVS 396/215-10	90,0	15,75	—	0,9	—	—	0,15	0,16	0,99	—	—	—			
HVS 560/245-16	185,0	15,75	—	0,9	—	—	0,22	0,31	1,10	—	—	—			
HVS 1500/175-84	190,0	15,75	6,960	0,9	0,439	165,0	0,25	0,35	1,05	0,70	0,26	0,11	6,25	0,068	
3. Turbogeneratoare															
TV 2-100-2	117,5	13,8	4,93	0,85	1,45	335	0,14	0,20	1,80	1,80	0,17	0,08	13,00	0,38	4,42
TVF-100-2	117,5	10,5	6,48	0,85	1,03	122	0,18	0,28	1,80	1,80	0,22	0,10	6,20	0,42	2,74
TV 2-150-2	166,5	18,0	5,35	0,85	1,41	436	0,12	0,18	1,49	1,49	0,15	0,07	11,90	0,42	4,97
TVV-150-2	176,5	18,0	5,67	0,85	2,36	118	0,21	0,31	1,71	1,71	0,26	0,11	5,10	0,41	2,49
TVF-200-2	235,0	11,0	12,35	0,85	0,41	124	0,17	0,25	1,95	1,95	0,20	0,10	7,12	0,52	2,78
TGV-200-2	235,0	15,75	8,63	0,85	1,08	194	0,19	0,27	1,85	1,85	0,23	0,08	6,53	0,47	2,79
TVV-200-2	235,0	15,75	8,63	0,85	1,21	87	0,19	0,28	1,90	1,90	0,23	0,10	6,00	0,42	2,36
TVV-300-2	353,0	20,0	10,20	0,85	1,02	131	0,17	0,26	1,70	1,70	0,26	0,09	6,00	0,37	2,10
TGV-300-2	353,0	20,0	10,20	0,85	1,30	116	0,20	0,28	1,92	1,92	0,24	0,09	6,65	0,42	2,18
TVV-500-2	587,5	20,0	16,95	0,85	—	—	0,23	0,36	—	—	0,28	0,14	8,77	—	—
4. Hidrogeneratoare															
SV 850/190-40	100,0	16,5	3,50	0,85	—	—	0,19	0,27	0,75	—	—	—	—	—	10,00
SV 1160/180-72	103,5	13,8	4,33	0,80	—	—	0,26	0,35	0,89	—	0,26	0,10	7,22	—	7,20
SV 835/180-36	111,0	13,8	4,65	0,90	—	—	0,22	0,30	0,94	—	—	—	—	—	—
SV 1500/170-96	117,7	13,8	4,92	0,85	—	—	0,21	0,29	0,65	—	—	—	**5,30**	—	7,30
SV 1500/200-88	127,8	13,8	5,16	0,85	—	—	0,15	0,20	0,52	0,33	—	—	5,30	—	10,00
SV 1190/250-48	264,7	15,75	9,68	0,85	—	—	0,24	0,35	1,07	—	—	—	9,40	—	8,43
SV 1500/130-88	160,0	13,8	6,70	0,80	—	—	0,40	0,57	1,75	—	—	—	—	—	—
SVF 830/225-28	353,0	15,75	11,48	0,85	—	—	0,32	0,43	1,60	—	—	—	—	—	—
SVF 1190/175-64	590,0	15,75	21,60	0,85	—	—	0,30	0,42	1,58	—	—	—	5,00	—	7,66

* Grupurile de fabricaţie R.S.R. au rezistenţa înfăşurării dată la 20°C pentru turbogeneratoare şi la 75°C pentru hidrogeneratoare.

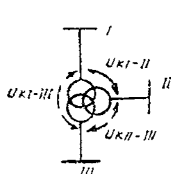
Anexa 3

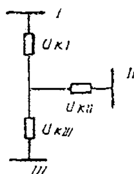
Parametrii compensatoarelor

Tipul	Puterea nominală, M Var	U_N kV	I_N kA	cos φ	Reactanţele, %			Constantele de timp, s		Constanta de inerţie, GD^2
					X_d	X_d'	X_d''	T_{d_0}'	T_d'	
HK 682760/6	60	10,5	3,3	0,0092	171	27,5	22,0	11,7	2,2	0,78
ASEA	280	16	—	—	210	51,0	27,0	—	—	1,24

Anexa 4

Relaţii privind stabilirea şi transformarea schemelor electrice. Transformatoare (autotransformatoare) cu trei înfăşurări





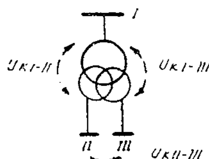
$$U_{kI} = \frac{U_{kI-II} + U_{kI-III} - U_{kII-III}}{2}$$
$$U_{kII} = \frac{U_{kI-II} + U_{kII-III} - U_{kI-III}}{2}$$
$$U_{kIII} = \frac{U_{kI-III} + U_{kII-III} - U_{kI-II}}{2}$$

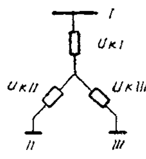
OBSERVAŢII:

— În cazul transformatoarelor (autotransformatoarelor) cu înfăşurări de putere diferită, tensiunile de scurtcircuit U_{kI}, $U_{kII-III}$ şi U_{kI-III} trebuie să fie raportate la aceeaşi putere (de regulă puterea nominală cea mai mare)

— Raportarea tensiunilor de scurtcircuit de la o putere S'_n la puterea S_n se face cu relaţia: $U_{kI-II} = U'_{kI-II} \cdot \frac{S_n}{S'_n}$

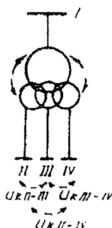
TRANSFORMATOARE CU O ÎNFĂŞURARE DIVIZATĂ ÎN DOUĂ PĂRŢI

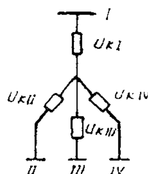




Relaţiile de calcul sînt aceleaşi ca la transformatoarele cu trei înfăşurări.

TRANSFORMATOARE CU O ÎNFĂŞURARE DIVIZATĂ ÎN TREI PĂRŢI





De obicei $U_{kI-II} = U_{kI-III} = U_{kI-IV}$ şi $U_{kII-III} = U_{kII-IV} = U_{kIII-IV}$

$$U_{kI} = U_{kI-II} - \frac{U_{kII-III}}{4}$$
$$U_{kII} = U_{kIV} - \frac{U_{kII-III}}{2}$$

Anexa 5

Relații de calcul și scheme echivalente pentru reactanțele homopolare

Scheme echivalente homopolare ale transformatoarelor și autotransformatoarelor

	X_{I-II}	$X_h = X_d = X_{I-II}$
	X_I, X_{II}, X_I, $X_{\mu o}$, $X_{\mu o}$	$X_h \neq X_d$
Indiferent de conexiunea secundarului		$X_h = \infty$
I, II, III	X_I, X_{III}, X_d, $X_{\mu o}$	$X_h = X_I + X_{II} = X_{d\,I-II}$
I, II, III	X_{III}, X_I, X_{II}	$X_h = X_I + \frac{X_{II} \cdot X_{III}}{X_{II} + X_{III}}$
I, II, III	X_I, X_{III}, X_{II}	*Întreaga schemă echivalentă a transformatorului se introduce în schema generală a secvenței homopolare*
I, III, II	X_{II}, X_I, X_{III}, II	

Anexa 6 a

Conductoare de oţel-aluminiu neizolate

Construcţia conductorului de oţel-aluminiu	Secţiunea nominală a conductorului de Ol—Al, mm²	Nr. total de fire aluminiu-oţel	Diametrul conductorului, mm	Rezistenţa în c.c. la 20°C, Ω/km	f = 50 Hz		
					Rezistenţa în c.a., Ω/km	Reactanţa internă, Ω/km	Raza medie geometrică echivalentă, m
Normală	25/4	6/1	6,8	1,202	1,202048	0,01222	0,00280
	35/6	6/1	8,1	0,830	0,830108	0,01271	0,00330
	50/8	6/1	9,6	0,594	0,594137	0,01300	0,00390
	70/12	26/7	11,6	0,437	0,43714	0,01300	0,00471
	95/15	26/7	13,4	0,321	0,32126	0,01330	0,00542
	120/21	26/7	15,7	0,236	0,23635	0,01330	0,00635
	150/25	26/7	17,3	0,193	0,19343	0,01330	0,00700
	185/32	26/7	19,2	0,157	0,15752	0,01330	0,00776
	240/40	26/7	21,7	0,122	0,12268	0,01330	0,00877
	300/50	26/7	24,2	0,098	0,09884	0,01330	0,00979
	400/75	28/19	28,2	0,074	0,07509	0,01196	0,01164
	450/75	63/19	29,25	0,066	0,06723	0,01330	0,01184

Anexa 6 b

Parametrii liniilor electrice aeriene de 20÷400 kV

Tipul de stîlp	Tensiunea KV	Felul stîlpului	Secțiunea conductorului mm²	Număr circuite	Rezistența Ω/km		Reactanța Inductoare Ω/km		Raport x_0/x_1	Admitanța capacitivă 10^{-6} s/km	
					r_1	r_0	x_1	x_0		y_1	y_0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1300; 625; 625	6—20	beton centrifugat	3×35 OlAl	1	.830	.975	.365	1.596	4.372	3.012	1.38
			3×50 OlAl	1	.594	.739	.354	1.595	4.472	3.102	1.398
		beton comprimat	3×70 OlAl	1	.437	.582	.343	1.573	4.592	3.209	1.420
			3×95 OlAl	1	.321	.466	.334	1.565	4.683	3.291	1.436
1500; 2035; 3400; 3050; 3050	110	beton	3×150 OlAl+70 Ol	1	.193	.405	.401	1.349	3.365	2.787	1.889
			3×185 OlAl+70 Ol	1	.157	.368	.394	1.342	3.404	2.834	1.909
			3×240 OlAl+70 Ol	1	.122	.334	.386	1.334	3.452	2.892	1.935
			3×300 OlAl+70 Ol	1	.098	.310	.380	1.327	3.496	2.945	1.959

Anexa 6 b (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2200; 3800; 2350; 3050; 3050	110	beton	3×150 OlAl+70 Ol	1	.193	.406	.386	1.378	3.568	2.913	1.784
			3×185 OlAl+70 Ol	1	.157	.370	.380	1.371	3.612	2.963	1.803
			3×240 OlAl+70 Ol	1	.122	.335	.372	1.364	3.666	3.028	1.826
			3×300 OlAl+70 Ol	1	.098	.311	.365	1.357	3.716	3.088	1.847
3000; 4200 (4000); 2600 (2500); 4100 (4000); 4100 (4000)	110	metalic	3×150 OlAl+70 Ol	1	.193	.396	.417	1.320	3.168	2.684	1.878
			3×185 OlAl+70 Ol	1	.157	.360	.410	1.314	3.203	2.728	1.899
			3×185 OlAl+95 Ol	1	.157	.380	.410	1.295	3.157	2.728	1.901
			3×240 OlAl+70 Ol	1	.122	.325	.402	1.306	3.245	2.781	1.925
			3×300 OlAl+95 Ol	1	.098	.321	.395	1.28	3.237	2.831	1.95
2300; 3400; 3400; 2350; 2350; 3050; 3050; 2350; 2350	110 d.c.	beton	2×3×150 OlAl +70 Ol	2	.097	.302	.209	1.142	5.58	5.536	2.737
			2×3×185 OlAl +70 Ol	2	.079	.284	.201	1.139	5.654	5.629	2.76
			2×3×240 OlAl +70 Ol	2	.061	.266	.198	1.135	5.745	5.743	2.787
			2×3×300 OlAl +70 Ol	2	.049	.254	.194	1.132	5.829	5.849	2.812

Anexa 6 b (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	110 d.c.	metalic	2×3×150 OlAl +70 Ol	2	.097	.297	.211	1.116	5.284	5.345	2.633
			2×3×185 OlAl +70 Ol	2	.079	.278	.208	1.113	5.351	5.433	2.654
			2×3×185 OlAl +95 Ol	2	.079	.294	.208	1.095	5.264	5.433	2.658
			2×3×240 OlAl +70 Ol	2	.061	.261	.204	1.109	5.433	5.539	2.679
			2×3×300 OlAl +70 Ol	2	.049	.249	.201	1.106	5.508	5.637	2.702
	220	metalic	3×450 OlAl+ 2×160/95 OlAl	1	.067	.175	.404	.768	1.90	2.779	2.168
			3×450 OlAl +2×95 Ol	1	.066	.347	.406	1.166	2.871	2.778	2.157
	220 d.c.	metalic	2×3×450 OlAl +160/95 OlAl	2	.033	.155	.208	.775	3.728	5.441	3.013
			2×3×450 OlAl +95 Ol	2	.033	.209	.230	1.004	4.809	5.439	3.004

Anexa 6 b (continuare)

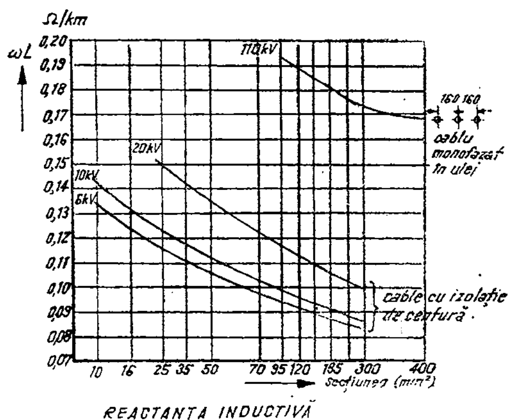
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7500 7500 4500 12000 12000	400	metalic	3×2×450 OlAl +2×160/95 OlAl	1	.034	.137	.330	.682	2.069	3.473	2.731
6800 6800 3600 11300 11300	400	metalic	3×2×450 OlAl +2×160/95 OlAl	1	.034	.138	.326	.673	2.07	3.504	2.725
7000 7000 11000 11000 7000 7000	400 d.c.	metalic	2×3(2×450 OlAl) +160/95 OlAl	2	.017	.134	.166	.709	4.273	6.888	3.422

Anexa 8

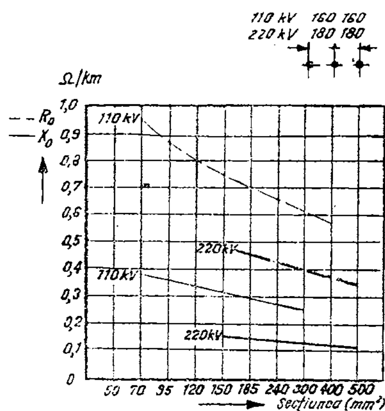
Valori medii pentru parametrii caracteristici ai cablurilor de 6÷220 kV

Secţiune mm²	Cu	Al
10	1,79	3,03
16	1,121	1,90
25	0,722	1,22
35	0,518	0,874
50	0,366	0,615
70	0,265	0,443
95	0,200	0,331
120	0,161	0,265
150	0,131	0,214
185	0,109	0,176
240	0,087	0,138
300	0,072	0,113

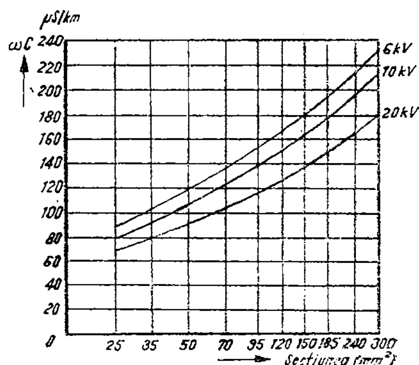
REZISTENŢA CONDUCTOARELOR DE CU ŞI AL LA 20° C ÎN Ω/km



REACTANŢA INDUCTIVĂ



REACTANŢA INDUCTIVĂ HOMOPOLARĂ A CABLURILOR CU ULEI 110, 220 kV



SUSCEPTANŢA CAPACITIVĂ DIRECTĂ (DE FUNCŢIONARE)

Anexa 9

Valori medii ale parametrilor caracteristici pentru elementele ce intervin în schema de succesiune directă

A. GENERATOARE

Elementul		Valoarea reactanței (%)		
		X''_d	X'_d	X_d
Turbogeneratoare:	⩽ 25 MW	12,5	19	170
	30÷100 MW	14,5	22	165
	100÷300 MW	19,5	27	185
Hidrogeneratoare:	cu înf. de amortizare	20,0	35	115
	fără înf. de amortizare	27,0	27	115
Compensatoare și motoare sincrone		20,0	35	180

B. TRANSFORMATOARE

cu două înfășurări:	6÷20 kV	4÷6	—	—
	35 kV	7,5	—	—
	110 kV	10,5	—	—
	220 kV	10,5	—	—

C. LINII AERIENE

Tensiunea kV	Secțiunea, mm²	R, Ω/km	X, Ω/km	$Y_c \times 10^{-6}$, S/km
110	3×150 OlAl	0,198	0,4	2,8
	3×185 OlAl	0,160	0,4	2,84
	3×240 OlAl	0,124	0,4	2,9
	3×300 OlAl	0,100	0,4	2,97
	3×450 OlAl	0,071	0,42	2,9
220	3×400 OlAl	0,078	0,41	2,7
	3×450 OlAl	0,071	0,42	2,9
400	3 (2×450) OlAl	0,0325	0,334	3,485

D. CABLURI DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Tensiunea, kV	Secţiunea, mm	R, Ω/km	X, Ω/km	$Y_C \times 10^{-6}$ s/km
110	3×170 Cu Pirelli	0,135	0,22	103,6
	3×240 Cu	0,078	0,19	—
	3×300 Cu	0,062	0,18	—
	3×400 Cu Pirelli	0,063	0,11	—
	3×400 Cu	0,05	0,17	122,0
	3×400 Cu (Anglia)	0,04483	0,093	127,0
	3×500 Al	0,0605	0,095	153,0
	3×750 Pirelli	0,0392	—	—

E. CABLURI DE MEDIE TENSIUNE (6,10 şi 20 kV)

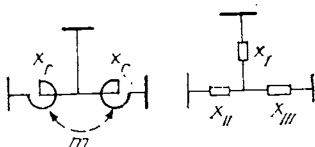
Secţiunea, mm²	R, Ω/km	X, Ω/km			$Y_C \times 10^{-6}$, S/km		
		6 kV	10 kV	20 kV	6 kV	10 kV	20 kV
3×95 Al	0,306	0,078	0,083	0,110	219,9	141,4	91,1
3×120 Al	0,241	0,076	0,081	0,107	238,8	153,9	97,4
3×150 Al	0,194	0,074	0,079	—	263,9	166,5	—

Anexa 10

Relații de transfigurare a schemelor

SCHEMA – înainte de transfigurare	SCHEMA – după transfigurare	Relații de transfigurare a reactanțelor	Distribuția curenților în schema înainte de transformare
		$X_e = X_1 + X_2 + \dots + X_n$	$I_1 = I_2 = I_n$
		$X_e = \dfrac{1}{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_n}}$ PENTRU 2 REACTANȚE $X_e = \dfrac{X_1 \cdot X_2}{X_1 + X_2}$	$I_n = I \dfrac{X_e}{X_n}$
		$X_A = \dfrac{X_{AB} \cdot X_{AC}}{X_{AB} + X_{AC} + X_{BC}}$ $X_B = \dfrac{X_{AB} \cdot X_{BC}}{X_{AB} + X_{AC} + X_{BC}}$ $X_C = \dfrac{X_{AC} \cdot X_{BC}}{X_{AB} + X_{AC} + X_{BC}}$	$I_{BA} = \dfrac{I_B X_B - I_A X_A}{X_{AB}}$ $I_{AC} = \dfrac{I_A X_A - I_C X_C}{X_{AC}}$ $I_{CB} = \dfrac{I_C X_C - I_B X_B}{X_{CB}}$
		$X_{AB} = X_A + X_B + \dfrac{X_A \cdot X_B}{X_C}$ $X_{BC} = X_B + X_C + \dfrac{X_B \cdot X_C}{X_A}$ $X_{AC} = X_A + X_C + \dfrac{X_A \cdot X_C}{X_B}$	
		$X_{AB} = X_A \cdot X_B \cdot \Sigma Y$ $X_{BC} = X_B \cdot X_C \cdot \Sigma Y$ — — — — — $\Sigma Y = \dfrac{1}{X_A} + \dfrac{1}{X_B} + \dfrac{1}{X_C} + \dfrac{1}{X_D}$ ANALOG ȘI PENTRU O STEA CU MAI MULTE RAZE	$I_A = I_{AC} + I_{AB} - I_{DA}$ — — — — — ș.a.m.d.

REACTORI JUMELAȚI



$$X_I = -m \cdot X_r$$

$$X_{II} = X_{III} = X_r\,(1+m)$$

X_r = reactanța unei ramuri a reactorului când cealaltă ramură este în gol

m = coeficientul de cuplaj între ramurile reactorului.

$0{,}062m^2$

Anexa 12

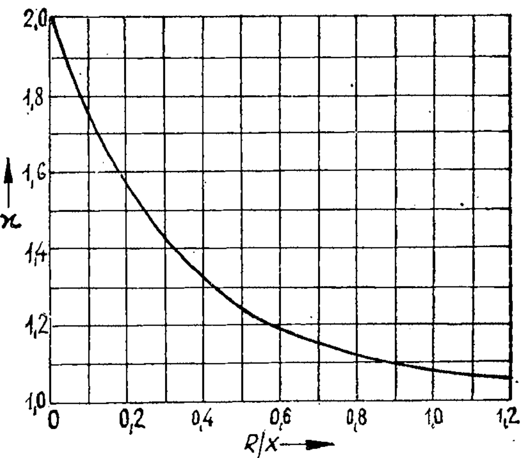
Relații de calcul pentru curenții prin pămînt

Defectul	Curentul prin pămînt $\left(E \cong \frac{c U_N}{\sqrt{3}}\right)$
	$\underline{I}_p = \frac{3\underline{E}}{\underline{Z}_d + \underline{Z}_i + \underline{Z}_h + 3\underline{Z}}$
	$\underline{I}_p = \frac{3 E Z_i}{Z_d \cdot Z_i + (Z_d + Z_i)(Z_h + 3Z)}$
	$I_p = \frac{-j 3\sqrt{3} E}{3(\underline{Z}_{da} + \underline{Z}_{ia}) + \underline{Z}_{db} + \underline{Z}_{ib} + \underline{Z}_{hb} + 3\underline{Z}_1 + 3\underline{Z}_2}$
	$\underline{I}_p = \frac{-j 3\sqrt{3} E}{3(\underline{Z}_{da} + \underline{Z}_{ia}) + \underline{Z}_{df} + \underline{Z}_{dg} + \underline{Z}_{if} + \underline{Z}_{ig} + \underline{Z}_{hf} + \underline{Z}_{hg} + 3\underline{Z}_1 + 3\underline{Z}_2}$
	$\underline{I}_p = \frac{-j 3\sqrt{3} E}{\frac{3\underline{Z}_{dm} \cdot \underline{Z}_{dn} + (\underline{Z}_{dm} + \underline{Z}_{dn})\underline{Z}_{db}}{\underline{Z}_{dm} + \underline{Z}_{dn} + \underline{Z}_{db}} + \frac{3\underline{Z}_{im}\underline{Z}_{in} + (\underline{Z}_{im} + \underline{Z}_{in})\underline{Z}_{ib}}{\underline{Z}_{im} + \underline{Z}_{in} + \underline{Z}_{ib}} + \underline{Z}_{hb} + 3\underline{Z}_1 + 3\underline{Z}_2}$

NOTĂ: De regulă se consideră $\underline{Z}_d = \underline{Z}_i$;
Pentru scurtcircuite fără arc $\underline{Z}_1 = 0$ și $\underline{Z}_2 = 0$

Anexa 13

Exemplul de calcul nr. 1



Anexa 14

Tabele de decrement ale multiplului curentului nominal $\left(K = \frac{I}{I_N}\right)$

a) turboalternatori cu reglaj automat al tensiunii

$(I''_K = K_0 \; I_N ; \; I_a = K_{0,1} \; I_N ; \; I_K = K_\infty \; I_N)$

X calc	0	0,1	0,2	∞	X calc	0	0,1	0,2	∞
0,1	11	6,84	5,9	2,89	0,5	2,02	1,75	1,66	1,83
0,11	10	8,3	5,45	2,83	0,51	1,99	1,71	1,63	1,81
0,12	8,5	5,75	5,1	2,8	0,52	1,93	1,69	1,6	1,79
0,13	8	5,5	4,8	2,79	0,53	1,9	1,66	1,58	1,775
0,14	7,4	5,23	4,6	2,75	0,54	1,87	1,63	1,55	1,76
0,15	6,8	5	4,35	2,71	0,55	1,82	1,6	1,52	1,73
0,16	6,4	4,82	4,2	2,68	0,56	1,78	1,57	1,5	1,71
0,17	6	4,56	4	2,62	0,57	1,73	1,53	1,49	1,695
0,18	5,6	4,35	3,8	2,6	0,58	1,71	1,52	1,46	1,69
0,19	5,4	4,25	3,7	2,59	0,59	1,69	1,5	1,43	1,665
0,2	5	4	3,5	2,57	0,6	1,67	1,48	1,42	1,66
0,21	4,8	3,85	3,35	2,53	061	1,63	1,46	1,40	1,63
0,22	4,6	3,7	3,25	2,5	0,62	1,6	1,44	1,39	1,61
0,23	4,3	3,52	3,13	2,49	0,63	1,58	1,42	1,37	1,60
0,24	4,1	3,4	3,	2,46	0,64	1,54	1,40	1,35	1,59
0,25	3,95	3,29	2,97	2,43	0,65	1,53	1,39	1,33	1,575
0,26	3,86	3,2	2,91	2,41	0,66	1,5	1,37	1,31	1,555
0,27	3,75	3,1	2,82	2,39	0,67	1,49	1,35	1,30	1,535
0,28	3,6	2,98	2,72	2,38	0,68	1,48	1,33	1,28	1,52
0,29	3,48	2,9	2,64	2,33	0,69	1,45	1,31	1,27	1,515
0,3	3,36	2,77	2,56	2,3	0,7	1,43	1,30	1,26	1,5
0,31	3,22	2,68	2,5	2,28	0,71	1,41	1,28	1,24	1,49
0,32	3,13	2,61	2,42	2,26	0,72	1,395	1,26	1,22	1,475
0,33	3,02	2,54	2,38	2,22	0,73	1,38	1,25	1,20	1,465
0,34	2,97	2,49	2,3	2,2	0,74	1,37	1,23	1,19	1,45
0,35	2,9	2,43	2,25	2,18	0,75	1,35	1,22	1,18	1,435
0,36	2,81	2,38	2,2	2,16	0,76	1,33	1,20	1,17	1,42
0,37	2,75	2,32	2,18	2,13	0,77	1,315	1,19	1,16	1,415
0,38	2,7	2,28	2,12	2,1	0,78	1,3	1,18	1,14	1,4
0,39	2,61	2,23	2,08	2,08	0,79	1,29	1,17	1,13	1,395
0,4	2,54	2,17	2,03	2,06	0,8	1,28	1,16	1,11	1,38
0,41	2,48	2,12	1,98	2,02	0,81	1,26	1,14	1,09	1,36
0,42	2,41	2,06	1,93	2	0,82	1,235	1,12	1,08	1,34
0,43	2,35	2,01	1,9	1,98	0,83	1,22	1,11	1,07	1,33
0,44	2,3	1,98	1,86	1,96	0,84	1,205	1,10	1,06	1,32
0,45	2,26	1,93	1,82	1,93	0,85	1,2	1,09	1,05	1,315
0,46	2,19	1,89	1,79	1,9	0,86	1,19	1,08	1,04	1,31
0,47	2,15	1,86	1,75	1,89	0,87	1,17	1,07	1,03	1,295
0,48	2,1	1,82	1,71	1,87	0,88	1,16	1,06	1,02	1,285
0,49	2,05	1,78	1,68	1,85	0,89	1,14	1,04	1,01	1,282

X calc	0	0,1	0,2	∞	X calc	0	0,1	0,2	∞
0,9	1,13	1,03	1	1,27	1,3	0,77	0,72	0.719	0,848
0,91	1,115	1,02	0,99	1,248	1,31	0,765	0,716	0,712	0,842
0,92	1,1	1,01	0,98	1,23	1,32	0,76	0,713	0,707	0,836
0,93	1,08	1,0	0,97	1,225	1,33	0,755	0,709	0,702	0,83
0,94	1,07	0,98	0,96	1,219	1,34	0,75	0,704	0,697	0,824
0,95	1,06	0,97	0,956	1,024	1,35	0,74	0,7	0,694	0,818
0,96	1,05	0,96	0,95	1,198	1,36	0,735	0,695	0,69	0,812
0,97	1,04	0,95	0,945	1,19	1,37	0,73	0,692	0,688	0,805
0,98	1,03	0,94	0,938	1,179	1,38	0,725	0,688	0,684	0,796
0,99	1,02	0,93	0,927	1,168	1,39	0,72	0,684	0,68	0,792
1,0	1	0,92	0,918	1,16	1,4	0,715	0,68	0,676	0,788
1,01	0,995	0,909	0,903	1,148	1,41	0,71	0,676	0,673	0,783
1,02	0,99	0,899	0,895	1,124	1,42	0,705	0,673	0,669	0,778
1,03	0,985	0,892	0,89	1,112	1,43	0,7	0,669	0,663	0,773
1,04	0,98	0,884	0,88	1,1	1,44	0,695	0,663	0,658	0,768
1,05	0,97	0,877	0,87	1,088	1,45	0,69	0,658	0,655	0,763
1,06	0,96	0,871	0,869	1,076	1,46	0,685	0,655	0,65	0,758
1,07	0,95	0,865	0,861	1,064	1,47	0,68	0,65	0,644	0,753
1,08	0,94	0,859	0,855	1,052	1,48	0,675	0,644	0,638	0,748
1,09	0,93	0,852	0,848	1,04	1,49	0,67	0,638	0,635	0,742
1,1	0,92	0,845	0,84	1,03	1,5	0,665	0,635	0,63	0,735
1,11	0,9	0,839	0,834	1,02	1,51	0,66	0,63	0,625	0,73
1,12	0,885	0,833	0,83	1,01	1,52	0,658	0,625	0,62	0,725
1,13	0,88	0,826	0,822	1,0	1,53	0,655	0,62	0,616	0,72
1,14	0,87	0,82	0,816	0,99	1,54	0,65	0,616	0,612	0,715
1,15	0,865	0,813	0,81	0,98	1,55	0,648	0,612	0,608	0,71
1,16	0,86	0,806	0,802	0,97	1,56	0,645	0,608	0,604	0,705
1,17	0,85	0,8	0,797	0,96	1,57	0,64	0,604	0,6	0,7
1,18	0,84	0,793	0,79	0,95	1,58	0,635	0,6	0,596	0,698
1,19	0,835	0,787	0,785	0,94	1,59	0,63	0,596	0,592	0,688
1,2	0,83	0,78	0,777	0,935	1,6	0,628	0,592	0,589	0,681
1,21	0,82	0,774	0,77	0,926	1,61	0,625	0,589	0,586	0,677
1,22	0,815	0,768	0,764	0,917	1,62	0,622	0,586	0,581	0,673
1,23	0,81	0,762	0,758	0,908	1,63	0,62	0,581	0,578	0,669
1,24	0,8	0,756	0,751	0,899	1,64	0,615	0,578	0,575	0,665
1,25	0,795	0,75	0,745	0,89	1,65	0,61	0,575	0,572	0,661
1,26	0,79	0,744	0,739	0,882	1,66	0,605	0,572	0,569	0,657
1,27	0,785	0,738	0,734	0,874	1,67	0,6	0,569	0,566	0,653
1,28	0,78	0,732	0,729	0,86	1,68	0,598	0,566	0,563	0,649
1,29	0,775	0,726	0,724	0,856	1,69	0,595	0,563	0,56	0,645

X calc	0	0,1	0,2	∞	X calc	0	0,1	0,2	∞
1,7	0,593	0,56	0,558	0,64	2,1	0,478	0,451	0,453	0,502
1,71	0,59	0,558	0,556	0,636	2,11	0,475	0,455	0,451	0,500
1,72	0,585	0,556	0,552	0,632	2,12	0,473	0,449	0,449	0,498
1,73	0,58	0,552	0,548	0,628	2,13	0,471	0,453	0,447	0,496
1,74	0,575	0,548	0,542	0,624	2,14	0,469	0,447	0,445	0,494
1,75	0,57	0,542	0,538	0,62	2,15	0,466	0,445	0,443	0,492
1,76	0,569	0,538	0,533	0,616	2,16	0,462	0,443	0,441	0,490
1,77	0,564	0,533	0,529	0,612	2,17	0,46	0,441	0,439	0,488
1,78	0,562	0,529	0,525	0,608	2,18	0,458	0,439	0,437	0,486
1,79	0,56	0,525	0,522	0,604	2,19	0,457	0,437	0,435	0,483
1,8	0,558	0,522	0,52	0,6	2,2	0,455	0,435	0,433	0,481
1,81	0,556	0,52	0,518	0,596	2,21	0,453	0,433	0,431	0,479
1,82	0,553	0,518	0,516	0,592	2,22	0,451	0,431	0,429	0,477
1,83	0,55	0,516	0,515	0,588	2,23	0,449	0,429	0,427	0,475
1,84	0,548	0,515	0,513	0,584	2,24	0,447	0,427	0,425	0,473
1,85	0,545	0,513	0,511	0,581	2,25	0,445	0,425	0,423	0,471
1,86	0,54	0,511	0,508	0,577	2,26	0,443	0,423	0,421	0,469
1,87	0,538	0,508	0,505	0,573	2,27	0,441	0,421	0,42	0,467
1,88	0,535	0,505	0,503	0,569	2,28	0,439	0,42	0,418	0,465
1,89	0,532	0,503	0,5	0,565	2,29	0,437	0,418	0,416	0,462
1,9	0,53	0,5	0,498	0,562	2,3	0,435	0,416	0,415	0,459
1,91	0,529	0,498	0,496	0,559	2,31	0,434	0,415	0,414	0,458
1,92	0,528	0,496	0,494	0,555	2,32	0,432	0,414	0,412	0,456
1,93	0,527	0,494	0,492	0,552	2,33	0,43	0,412	0,411	0,454
1,94	0,525	0,492	0,49	0,548	2,34	0,428	0,411	0,41	0,452
1,95	0,522	0,49	0,488	0,545	2,35	0,426	0,41	0,408	0,450
1,96	0,52	0,488	0,486	0,542	2,36	0,424	0,408	0,406	0,448
1,97	0,518	0,486	0,484	0,538	2,37	0,422	0,406	0,404	0,446
1,98	0,515	0,484	0,482	0,534	2,38	0,42	0,404	0,402	0,444
1,99	0,51	0,482	0,48	0,531	2,39	0,418	0,402	0,4	0,442
2,0	0,505	0,48	0,478	0,528	2,4	0,416	0,4	0,399	0,440
2,01	0,502	0,478	0,476	0,525	2,41	0,414	0,399	0,398	0,438
2,02	0,5	0,476	0,473	0,523	2,42	0,412	0,398	0,397	0,437
2,03	0,498	0,473	0,47	0,52	2,43	0,411	0,397	0,396	0,435
2,04	0,494	0,47	0,468	0,518	2,44	0,41	0,396	0,394	0,434
2,05	0,49	0,468	0,465	0,515	2,45	0,408	0,394	0,393	0,432
2,06	0,488	0,465	0,463	0,512	2,46	0,406	0,393	0,392	0,431
2,07	0,484	0,463	0,46	0,509	2,47	0,405	0,392	0,391	0,429
2,08	0,481	0,46	0,458	0,506	2,48	0,404	0,391	0,39	0,427
2,09	0,479	0,458	0,455	0,504	2,49	0,402	0,39	0,388	0,425

X calc	0	0,1	0,2	∞
2,5	0,4	0,388	0,387	0,424
2,51	0,398	0,387	0,385	0,423
2,52	0,397	0,385	0,384	0,421
2,53	0,396	0,384	0,382	0,419
2,54	0,395	0,382	0,38	0,417
2,55	0,394	0,38	0,379	0,415
2,56	0,393	0,379	0,377	0,413
2,57	0,391	0,377	0,375	0,41
2,58	0,389	0,375	0,374	0,409
2,59	0,387	0,374	0,372	0,407
2,6	0,385	0,372	0,371	0,405
2,61	0,384	0,371	0,37	0,403
2,62	0,383	0,37	0,369	0,402
2,63	0,382	0,369	0,368	0,400
2,64	0,381	0,368	0,367	0,399
2,65	0,379	0,367	0,366	0,397
2,66	0,377	0,366	0,364	0,396
2,67	0,375	0,364	0,363	0,394
2,68	0,373	0,363	0,362	0,493
2,69	0,372	0,362	0,36	0,491
2,7	0,371	0,36	0,359	0,39
2,71	0,37	0,359	0,358	0,389
2,72	0,37	0,358	0,357	0,388
2,73	0,369	0,357	0,356	0,386
2,74	0,369	0,356	0,354	0,385
2,75	0,368	0,354	0,353	0,384
2,76	0,368	0,353	0,352	0,383
2,77	0,366	0,353	0,351	0,381
2,78	0,367	0,351	0,349	0,38
2,79	0,366	0,35	0,348	0,379
2,8	0,366	0,348	0,347	0,378
2,81	0,363	0,347	0,346	0,376
2,82	0,361	0,346	0,345	0,375
2,83	0,359	0,345	0,343	0,374
2,84	0,357	0,343	0,341	0,371
2,85	0,355	0,341	0,339	0,372
2,86	0,352	0,339	0,337	0,369
2,87	0,35	0,337	0,335	0,367
2,88	0,347	0,335	0,334	0,366
2,89	0,344	0,334	0,332	0,364
2,9	0,342	0,332	0,331	0,362
2,91	0,341	0,331	0,33	0,36
2,92	0,34	0,33	0,329	0,358
2,93	0,339	0,329	0,328	0,357
2,94	0,338	0,328	0,327	0,356
2,95	0,337	0,327	0,326	0,355
2,96	0,337	0,326	0,325	0,354
2,97	0,366	0,325	0,324	0,353
2,98	0,335	0,324	0,323	0,352
2,99	0,334	0,323	0,322	0,351
3,0	0,332	0,332	0,321	0,350

b) hidroalternatori cu reglaj al tensiunii și înfășurării de amortizare

X calc	0	0,1	0,2	∞
0,2	—	—	—	—
0,21	—	—	—	—
0,22	—	—	—	—
0,23	—	—	—	—
0,24	—	—	—	—
0,25	6,3	4,37	4,0	3,48
0,26	5,9	4,25	3,9	3,42
0,27	5,6	4,1	3,8	3,39
0,28	5,35	3,97	3,7	3,32
0,29	5,12	3,81	3,52	3,28
0,3	4,81	3,67	3,43	3,21
0,31	4,6	3,55	3,3	3,17
0,32	4,42	3,45	3,2	3,1
0,33	4,27	3,22	3,12	3,05
0,34	4,08	3,2	3,03	3,0
0,35	3,9	3,1	2,93	2,95
0,36	3,73	3,0	2,83	2,9
0,37	3,6	2,92	2,76	2,86
0,38	3,49	2,81	2,7	2,82
0,39	3,39	2,76	2,62	2,78

X calc	0	0,1	0,2	∞	X calc	0	0,1	0,2	∞
0,4	3,25	2,69	2,53	2,74	0,8	1,405	1,3	1,27	1,45
0,41	3,15	2,61	2,48	2,7	0,81	1,39	1,29	1,25	1,585
0,42	3,05	2,52	2,41	2,65	0,82	1,375	1,28	1,235	1,57
0,43	2,93	2,48	2,37	2,6	0,83	1,36	1,265	1,22	1,55
0,44	2,87	2,42	2,32	2,55	0,84	1,33	1,245	1,205	1,53
0,45	2,79	2,38	2,27	2,51	0,85	1,305	1,22	1,19	1,515
0,46	2,72	2,31	2,22	2,485	0,86	1,295	1,203	1,18	1,495
0,47	2,65	2,27	2,18	2,46	0,87	1,28	1,198	1,17	1,48
0,48	2,6	2,22	2,13	2,425	0,88	1,27	1,18	1,16	1,47
0,49	2,51	2,16	2,08	2,39	0,89	1,255	1,17	1,15	1,46
0,5	2,45	2,11	2,04	2,36	0,9	1,235	1,155	1,135	1,145
0,51	2,4	2,08	2,01	2,32	0,91	1,22	1,145	1,12	1,425
0,52	2,36	2,03	1,97	2,3	0,92	1,203	1,135	1,1	1,41
0,53	2,3	2,0	1,93	2,27	0,93	1,195	1,12	1,09	1,4
0,54	2,24	1,97	1,9	2,235	0,94	1,17	1,105	1,08	1,39
0,55	2,19	1,91	1,86	2,2	0,95	1,16	1,09	1,065	1,37
0,56	2,13	1,875	1,81	2,18	0,96	1,145	1,08	1,05	1,36
0,57	2,1	1,83	1,78	2,14	0,97	1,13	1,07	1,04	1,34
0,58	2,06	1,8	1,745	2,12	0,98	1,12	1,06	1,03	1,325
0,59	2,015	1,77	1,72	2,09	0,99	1,105	1,04	1,02	1,31
0,6	1,97	1,74	1,69	2,06	1,0	1,098	1,03	1,01	1,3
0,61	1,93	1,71	1,67	2,03	1,01	1,088	1,021	1,001	1,29
0,62	1,88	1,68	1,63	2,0	1,02	1,078	1,012	0,992	1,28
0,63	1,85	1,65	1,61	1,98	1,03	1,065	1,003	0,983	1,27
0,64	1,82	1,62	1,59	1,96	1,04	1,054	0,994	0,974	1,26
0,65	1,785	1,59	1,56	1,92	1,05	1,044	0,985	0,965	1,25
0,66	1,75	1,57	1,53	1,895	1,06	1,033	0,976	0,956	1,24
0,67	1,72	1,54	1,505	1,88	1,07	1,023	0,967	0,947	1,23
0,68	1,69	1,52	1,495	1,85	1,08	1,011	0,958	0,938	1,22
0,69	1,665	1,5	1,48	1,82	1,09	1,0	0,949	0,929	1,21
0,7	1,63	1,48	1,455	1,8	1,1	0,99	0,94	0,92	1,2
0,71	1,6	1,46	1,435	1,785	1,11	0,982	0,932	0,911	1,188
0,72	1,585	1,44	1,41	1,735	1,12	0,974	0,925	0,903	1,173
0,73	1,56	1,425	1,395	1,72	1,13	0,966	0,917	0,895	1,164
0,74	1,525	1,405	1,38	1,775	1,14	0,958	0,91	0,886	1,152
0,75	1,5	1,39	1,36	1,695	1,15	0,95	0,902	0,877	1,14
0,76	1,485	1,37	1,335	1,68	1,16	0,942	0,895	0,869	1,128
0,77	1,47	1,35	1,32	1,66	1,17	0,934	0,887	0,86	1,116
0,78	1,45	1,33	1,3	1,64	1,18	0,926	0,88	0,852	1,104
0,79	1,425	1,31	1,285	1,62	1,19	0,918	0,872	0,843	1,092

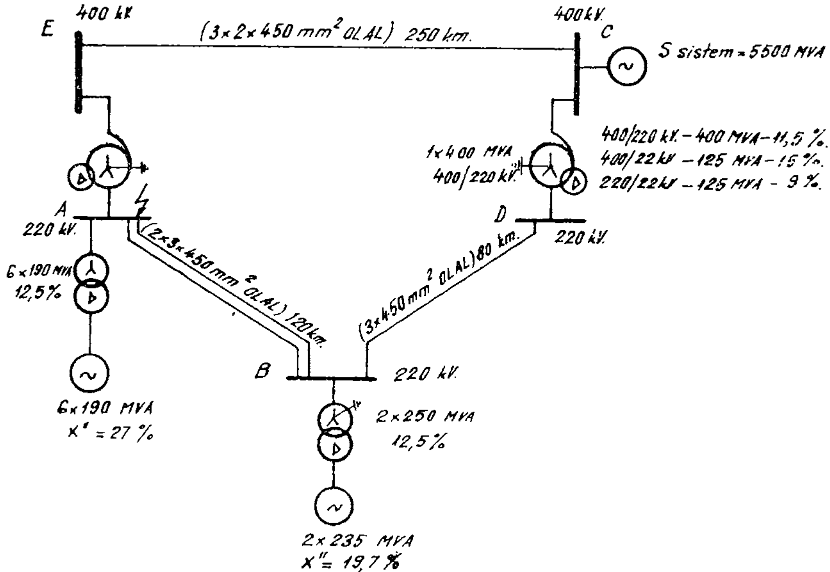
X calc	0	0,1	0,2	∞	X calc	0	0,1	0,2	∞
1,2	0,91	0,865	0,835	1,08	1,6	0,665	0,655	0,635	0,75
1,21	0,902	0,859	0,828	1,068	1,61	0,661	0,652	0,631	0,745
1,22	0,894	0,853	0,821	1,058	1,62	0,657	0,648	0,627	0,74
1,23	0,886	0,847	0,815	1,043	1,63	0,652	0,644	0,623	0,735
1,24	0,878	0,841	0,808	1,03	1,64	0,648	0,64	0,619	0,73
1,25	0,87	0,835	0,802	1,018	1,65	0,643	0,637	0,615	0,725
1,26	0,862	0,829	0,795	1,005	1,66	0,639	0,634	0,611	0,72
1,27	0,854	0,823	0,789	0,993	1,67	0,634	0,63	0,607	0,715
1,28	0,846	0,817	0,783	0,98	1,68	0,63	0,627	0,603	0,71
1,29	0,838	0,811	0,776	0,968	1,69	0,625	0,623	0,599	0,705
1,3	0,832	0,805	0,77	0,955	1,7	0,621	0,62	0,595	0,7
1,31	0,826	0,798	0,765	0,946	1,71	0,618	0,616	0,591	0,696
1,32	0,819	0,792	0,76	0,938	1,72	0,614	0,612	0,588	0,692
1,33	0,812	0,785	0,755	0,929	1,73	0,610	0,609	0,584	0,688
1,34	0,808	0,78	0,75	0,921	1,74	0,606	0,606	0,581	0,684
1,35	0,793	0,774	0,745	0,912	1,75	0,602	0,602	0,577	0,68
1,36	0,791	0,768	0,74	0,904	1,76	0,598	0,599	0,574	0,676
1,37	0,784	0,762	0,735	0,895	1,77	0,594	0,595	0,57	0,672
1,38	0,777	0,756	0,73	0,887	1,78	0,59	0,592	0,567	0,668
1,39	0,77	0,751	0,725	0,878	1,79	0,586	0,588	0,563	0,664
1,4	0,763	0,745	0,72	0,87	1,8	0,582	0,585	0,56	0,66
1,41	0,758	0,74	0,715	0,863	1,81	0,579	0,582	0,557	0,654
1,42	0,752	0,735	0,711	0,857	1,82	0,576	0,579	0,554	0,649
1,43	0,746	0,73	0,706	0,85	1,83	0,573	0,576	0,551	0,643
1,44	0,741	0,725	0,702	0,844	1,84	0,57	0,572	0,548	0,638
1,45	0,736	0,72	0,697	0,837	1,85	0,567	0,569	0,545	0,632
1,46	0,731	0,716	0,693	0,831	1,86	0,564	0,566	0,542	0,627
1,47	0,726	0,712	0,688	0,824	1,87	0,562	0,563	0,539	0,621
1,48	0,721	0,708	0,684	0,818	1,88	0,56	0,56	0,536	0,616
1,49	0,715	0,705	0,679	0,811	1,89	0,557	0,557	0,533	0,611
1,5	0,71	0,704	0,675	0,805	1,9	0,555	0,555	0,53	0,605
1,51	0,705	0,7	0,671	0,803	1,91	0,553	0,553	0,528	0,603
1,52	0,699	0,695	0,667	0,795	1,92	0,55	0,55	0,525	0,601
1,53	0,694	0,69	0,663	0,789	1,93	0,547	0,547	0,522	0,599
1,54	0,692	0,685	0,659	0,78	1,94	0,543	0,543	0,52	0,597
1,55	0,687	0,68	0,655	0,778	1,95	0,54	0,54	0,517	0,595
1,56	0,683	0,685	0,651	0,772	1,96	0,537	0,537	0,515	0,593
1,57	0,678	0,67	0,647	0,767	1,97	0,534	0,534	0,512	0,591
1,58	0,674	0,665	0,643	0,761	1,98	0,531	0,531	0,51	0,589
1,59	0,669	0,66	0,639	0,756	1,99	0,528	0,528	0,507	0,587

X calc	0	0,1	0,2	∞	X calc	0	0,1	0,2	∞
2,0	0,525	0,525	0,505	0,585	2,4	0,434	0,44	0,42	0,47
2,01	0,522	0,523	0,503	0,581	2,41	0,432	0,439	0,418	0,468
2,02	0,519	0,521	0,501	0,577	2,42	0,429	0,438	0,417	0,466
2,03	0,517	0,519	0,498	0,574	2,43	0,428	0,436	0,415	0,464
2,04	0,514	0,517	0,495	0,573	2,44	0,426	0,434	0,414	0,462
2,05	0,511	0,515	0,492	0,57	2,45	0,425	0,433	0,413	0,46
2,06	0,509	0,513	0,489	0,567	2,46	0,423	0,431	0,411	0,458
2,07	0,506	0,511	0,486	0,564	2,47	0,422	0,429	0,41	0,456
2,08	0,503	0,509	0,483	0,561	2,48	0,421	0,428	0,408	0,454
2,09	0,5	0,507	0,48	0,558	2,49	0,42	0,426	0,406	0,452
2,1	0,496	0,505	0,478	0,555	2,5	0,418	0,425	0,405	0,45
2,11	0,495	0,501	0,476	0,552	2,51	0,416	0,423	0,403	0,448
2,12	0,493	0,497	0,474	0,549	2,52	0,414	0,421	0,401	0,446
2,13	0,491	0,494	0,472	0,546	2,53	0,412	0,419	0,399	0,444
2,14	0,488	0,492	0,47	0,543	2,54	0,411	0,417	0,397	0,442
2,15	0,486	0,49	0,468	0,54	2,55	0,41	0,416	0,395	0,44
2,16	0,484	0,488	0,466	0,537	2,56	0,408	0,414	0,394	0,438
2,17	0,482	0,486	0,464	0,534	2,57	0,406	0,412	0,392	0,436
2,18	0,479	0,484	0,462	0,531	2,58	0,404	0,41	0,39	0,434
2,19	0,477	0,482	0,46	0,528	2,59	0,402	0,409	0,389	0,432
2,2	0,475	0,48	0,458	0,525	2,6	0,4	0,404	0,387	0,43
2,21	0,472	0,478	0,456	0,523	2,61	0,398	0,407	0,385	0,428
2,22	0,47	0,476	0,454	0,52	2,62	0,396	0,402	0,384	0,426
2,23	0,468	0,474	0,452	0,517	2,63	0,394	0,4	0,383	0,424
2,24	0,466	0,472	0,45	0,513	2,64	0,392	0,399	0,381	0,422
2,25	0,464	0,47	0,448	0,51	2,65	0,39	0,397	0,38	0,421
2,26	0,462	0,468	0,446	0,507	2,66	0,388	0,396	0,378	0,419
2,27	0,459	0,466	0,444	0,504	2,67	0,386	0,394	0,377	0,417
2,28	0,457	0,464	0,442	0,501	2,68	0,385	0,393	0,375	0,416
2,29	0,455	0,462	0,44	0,498	2,69	0,384	0,391	0,374	0,414
2,3	0,453	0,46	0,438	0,495	2,7	0,383	0,39	0,372	0,413
2,31	0,451	0,458	0,436	0,492	2,71	0,381	0,389	0,37	0,411
2,32	0,449	0,456	0,434	0,489	2,72	0,38	0,388	0,368	0,409
2,33	0,447	0,454	0,432	0,487	2,73	0,378	0,387	0,367	0,407
2,34	0,445	0,452	0,43	0,484	2,74	0,377	0,385	0,366	0,405
2,35	0,443	0,45	0,429	0,482	2,75	0,375	0,383	0,365	0,403
2,36	0,441	0,448	0,427	0,479	2,76	0,374	0,381	0,364	0,401
2,37	0,439	0,446	0,425	0,477	2,77	0,372	0,38	0,362	0,4
2,38	0,437	0,444	0,423	0,475	2,78	0,371	0,379	0,361	0,399
2,39	0,435	0,442	0,421	0,472	2,79	0,37	0,378	0,36	0,397

X calc	0	0,1	0,2	∞	X calc	0	0,1	0,2	∞
2,8	0,368	0,377	0,359	0,396	2,9	0,352	0,363	0,345	0,38
2,81	0,366	0,376	0,356	0,394	2,91	0,351	0,362	0,344	0,378
2,82	0,365	0,375	0,354	0,392	2,92	0,35	0,36	0,343	0,377
2,83	0,364	0,374	0,353	0,39	2,93	0,349	0,358	0,342	0,376
2,84	0,362	0,372	0,352	0,389	2,94	0,348	0,357	0,341	0,375
2,85	0,361	0,371	0,35	0,387	2,95	0,347	0,356	0,34	0,374
2,86	0,359	0,369	0,349	0,386	2,96	0,346	0,355	0,339	0,373
2,87	0,357	0,368	0,348	0,384	2,97	0,345	0,354	0,338	0,372
2,88	0,355	0,366	0,347	0,383	2,98	0,344	0,353	0,357	0,37
2,89	0,353	0,365	0,346	0,381	2,99	0,343	0,351	0,336	0,369
					3,0	0,342	0,35	0,335	0,368

Anexa 15

Exemplu de calcul nr. 1



Calculul reactanţelor în unităţi relative $S_b = 1000$ MVA ; $U_b = U_N$

Reactanţa echivalentă a unui autotransformator

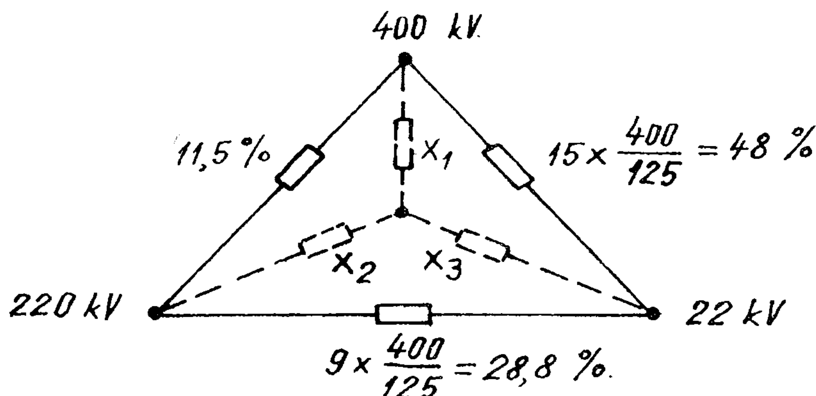
$$x_1 = \frac{X400\text{-}22 + X400\text{-}220 - X220\text{-}22}{2} = \frac{48 + 11,5 - 28,8}{2} = 15,35\%$$

$$x_2 = \frac{X400\text{-}220 + X220\text{-}22 - X400\text{-}22}{2} = \frac{11,5 + 28,8 - 48}{2} = -3,8\%$$

$$x_3 = \frac{X220\text{-}22 + X400\text{-}220 - X400\text{-}22}{2} = \frac{28,8 + 48 - 11,5}{2} = 32,7\%$$

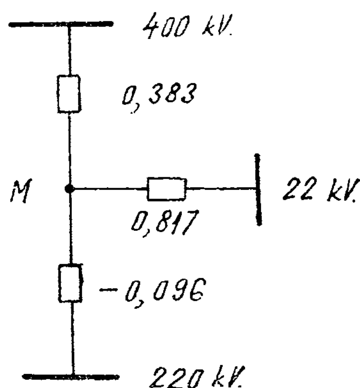
În unităţi relative:

$$x_1 = \frac{U_{sc}\,\% \cdot S_b}{100 \cdot S_N} = \frac{15,35 \cdot 1\,000}{100 \cdot 400} = 0,383$$



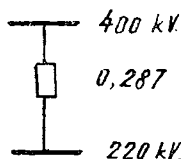
$$x_2 = \frac{-3{,}8 \cdot 1\,000}{100 \cdot 400} = -0{,}096$$

$$x_3 = \frac{32{,}7 \cdot 1\,000}{100 \cdot 400} = 0{,}817$$

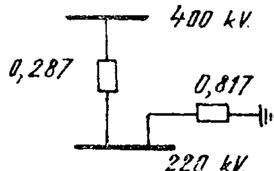


Pentru simplificarea schemei și eliminarea punctului M, schema echivalentă cu reactanțe în unități relative va fi :

Schema directă :

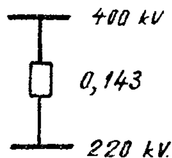


Schema homopolară :

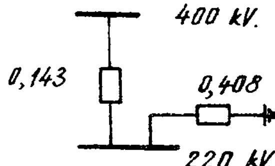


Pentru doi autotransformatori funcționînd în paralel, schema echivalentă cu reactanțe în unități relative este :

Schema directă:



Schema homopolară:



Calculul reactanțelor în unități relative a generatoarelor și transformatoarelor

— generatorul de 190 MVA:

$$x_d = x_i = \frac{x''\%}{100} \cdot \frac{S_b}{S_n} = \frac{27}{100} \cdot \frac{1\,000}{6\text{x}\,190} = 0{,}237$$

— transformatorul de 190 MVA:

$$x_d = x_i = \frac{U_{sc}\%}{100} \cdot \frac{S_b}{S_n} = \frac{12{,}5}{100} \cdot \frac{1\,000}{6\text{x}\,190} = 0{,}110$$

— generatoarele de 235 MVA :

$$x_d = x_i = \frac{19{,}7}{100} \cdot \frac{1\,000}{2\text{x}\,235} = 0{,}419$$

— transformatoarele de 250 MVA :

$$x_d = x_i = x_h = \frac{12{,}5}{100} \cdot \frac{1\,000}{2\text{x}\,250} = 0{,}266$$

— sistemul:

$$x_d = \frac{c \cdot S_b}{S_{sc}} = \frac{1,1 \cdot 1\,000}{5\,500} = 0,2$$

Se consideră:

$$\frac{x_h}{x_d} = 0,9 \qquad x_h = 0,9 \cdot 0,2 = 0,18$$

Calculul reactanțelor în unități relative ale liniilor de 400 kV și 220 kV

— LEA 400 kV s.c. 250 km:

$$x_d = x_i = x_0 \cdot l \frac{S_b}{U_N^2} = 0,332 \cdot 250 \cdot \frac{1\,000}{400^2} = 0,518$$

$$x_h = 3 \cdot x_d = 3 \cdot 0,518 = 1,554$$

— LEA 220 kV s.c. 80 km:

$$x_d = x_i = 0,412 \cdot 80 \cdot \frac{1\,000}{220^2} = 0,74$$

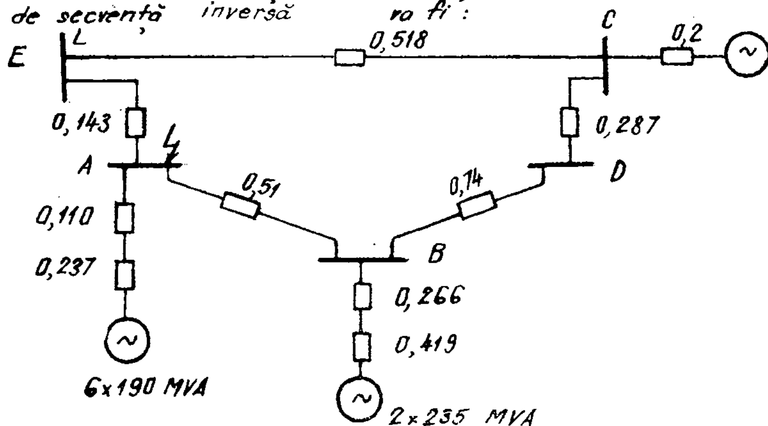
$$x_h = 3 \cdot x_d = 3 \cdot 0,74 = 2,22$$

— LEA 220 kV s.c. 80 km :

$$x_d = x_i = x_0 \cdot \frac{1}{2} l = \frac{1}{2} \cdot 0,412 \cdot 120 \frac{1\,000}{220^2} = 0,51$$

$$x_h = 4,7 \cdot x_d = 4,7 \cdot 0,51 = 2,397$$

Schema de reactanțe de secvență directă identică cu cea
de secvență inversă va fi:



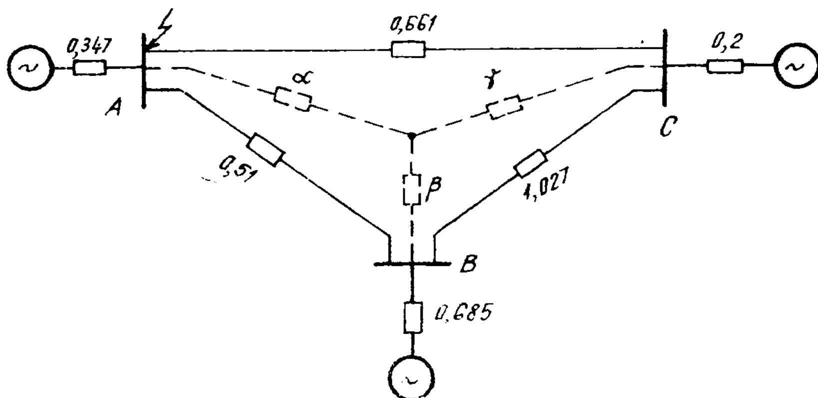
Schema se poate restrînge astfel:

$$x_A = x_G + x_T = 0,237 + 0,110 = 0,347$$

$$x_B = x_G + x_T = 0,419 + 0,266 = 0,685$$

$$x_{AC} = x_{AE} + x_{EC} = 0,143 + 0,518 = 0,661$$

$$x_{BC} = x_{BD} + x_{DC} = 0,74 + 0,287 = 1,027$$

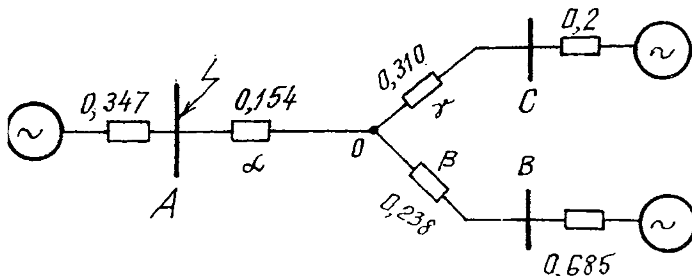


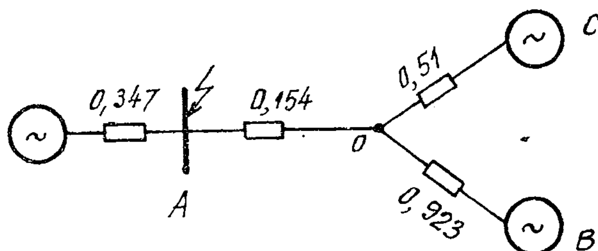
Transfigurarea triunghiului în stea:

$$x_\alpha = \frac{x_{AC} \cdot x_{AB}}{x_{AB} + x_{AC} + x_{BC}} = \frac{0,661 \cdot 0,51}{2,198} = 0,154$$

$$x_\beta = \frac{x_{BC} \cdot x_{AB}}{x_{AB} + x_{AC} + x_{BC}} = \frac{1,027 \cdot 0,51}{2,198} = 0,238$$

$$x_\gamma = \frac{x_{BC} \cdot x_{AC}}{x_{AB} + x_{AC} + x_{BC}} = \frac{1,027 \cdot 0,661}{2,198} = 0,310$$



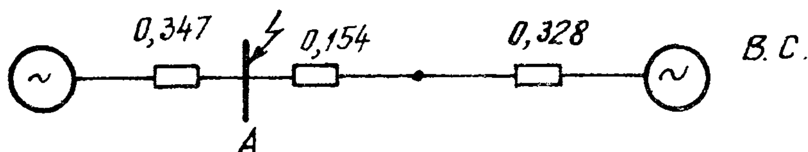


$$x_{C_0} = x_C + x_\gamma = 0,2 + 0,310 = 0,510$$

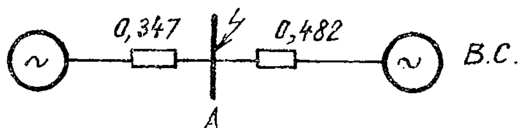
$$x_{B_0} = x_B + x_\beta = 0,685 + 0,238 = 0,923$$

a) În ipoteza în care nu se urmăreşte aportul pe ramuri:

$$x_{BC_0} = \frac{x_{C_0} \cdot x_{B_0}}{x_{C_0} + x_{B_0}} = \frac{0,51 \cdot 0,923}{1,433} = 0,328$$



$$x_{BCA} = x_{BC_0} + x_{OA} = 0,328 + 0,154 = 0,482$$



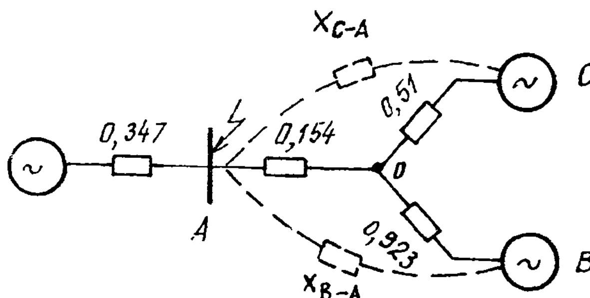
Reactanţa totală echivalentă în punctul A va fi :

$$x_T = \frac{x_{BCA} \cdot x_A}{x_{BCA} + x_A} = \frac{0,482 \cdot 0,347}{0,829} = 0,202$$

Puterea de scurtcircuit trifazat în punctul A va fi:

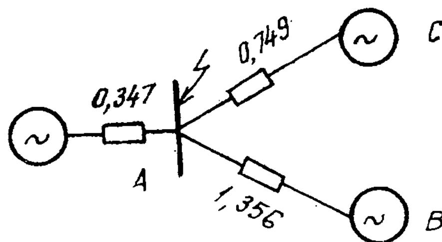
$$S = \frac{c \cdot S_b}{x_t} = \frac{1,1 \cdot 1\,000}{0,202} = 5\,445 \text{ MVA}$$

b) În ipoteza în care este necesar să se cunoască aportul fiecărei surse :



$$x_{C-A} = 0{,}154 + 0{,}51 + \frac{0{,}154 \cdot 0{,}51}{0{,}923} = 0{,}749$$

$$x_{B-A} = 0{,}154 + 0{,}923 + \frac{0{,}154 \cdot 0{,}923}{0{,}51} = 1{,}356$$



Aportul la scurtcircuit a celor trei generatoare:

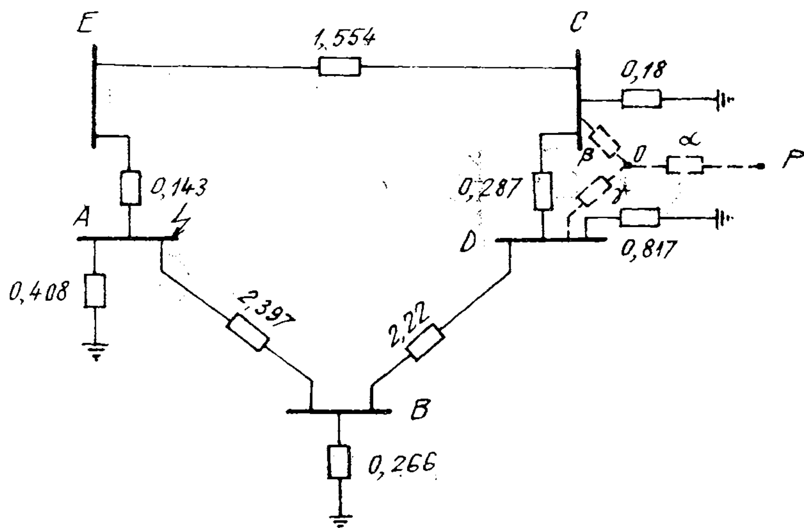
$$S_A = \frac{c \cdot S_b}{x_A} = \frac{1{,}1 \cdot 1\,000}{0{,}347} = 3\,170 \text{ MVA}$$

$$S_B = \frac{c \cdot S_b}{x_B} = \frac{1{,}1 \cdot 1\,000}{1{,}356} = 810 \text{ MVA}$$

$$S_C = \frac{c \cdot S_b}{x_C} = \frac{1{,}1 \cdot 1\,000}{0{,}749} = 1\,465 \text{ MVA}$$

Se verifică $3\,170 + 810 + 1\,465 = 5\,445$ MVA.

CALCULUL CURENTULUI DE SCURTCIRCUIT MONOFAZAT

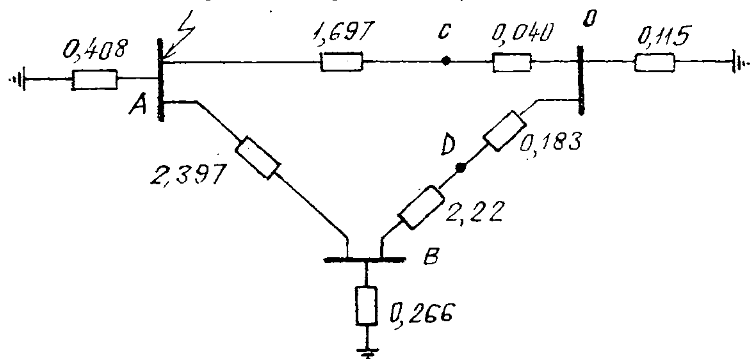


Transfigurarea triunghiului CDP :

$$x_\alpha = \frac{x_C \cdot x_D}{x_C + x_D + x_{CD}} = \frac{0{,}18 \cdot 0{,}817}{1{,}284} = 0{,}115$$

$$x_\beta = \frac{x_C \cdot x_{CD}}{x_C + x_D + x_{CD}} = \frac{0{,}18 \cdot 0{,}287}{1{,}284} = 0{,}040$$

$$x_\gamma = \frac{x_{CD} \cdot x_D}{x_C + x_D + x_{CD}} = \frac{0{,}287 \cdot 0{,}817}{1{,}284} = 0{,}183$$



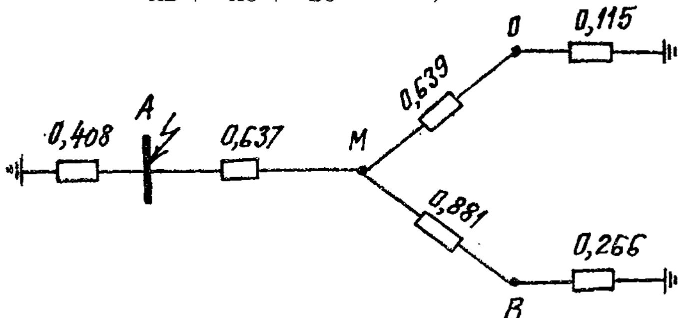
$$x_{AC} = x_{AE} + x_{EC} = 0{,}143 + 1{,}554 = 1{,}697$$
$$x_{AO} = x_{AC} + x_{CO} = 1{,}697 + 0{,}040 = 1{,}737$$
$$x_{BO} = x_{BD} + x_{DO} = 2{,}22 + 0{,}183 = 2{,}403$$

Transfigurarea triunghiului AOB:

$$x_a = \frac{x_{AB} \cdot x_{AO}}{x_{AB} + x_{AO} + x_{BO}} = \frac{2{,}397 \cdot 1{,}737}{6{,}537} = 0{,}637$$

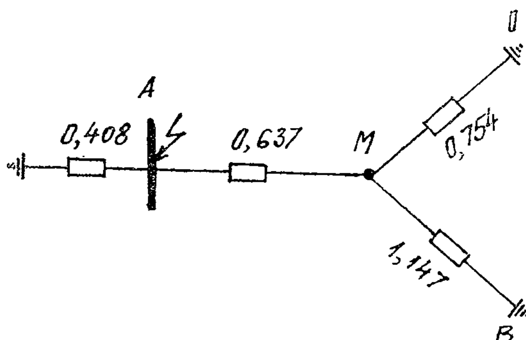
$$x_b = \frac{x_{AB} \cdot x_{BO}}{x_{AB} + x_{AO} + x_{BO}} = \frac{2{,}397 \cdot 2{,}403}{6{,}537} = 0{,}881$$

$$x_c = \frac{x_{AO} \cdot x_{BO}}{x_{AB} + x_{AO} + x_{BO}} = \frac{1{,}737 \cdot 2{,}403}{6{,}537} = 0{,}639$$

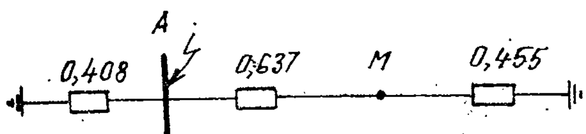


$$x_{OM} = x_0 + x_{MO} = 0{,}115 + 0{,}639 = 0{,}754$$

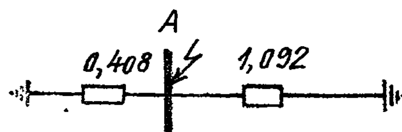
$$x_{BM} = x_B + x_{MB} = 0{,}266 + 0{,}881 = 1{,}147$$



$$x_M = \frac{x_{OM} \cdot x_{BM}}{x_{OM} + x_{BM}} = \frac{0{,}754 \cdot 1{,}147}{1{,}901} = 0{,}455$$



$$x_{MA} = x_M + x_{AM} = 0{,}455 + 0{,}637 = 1{,}092$$



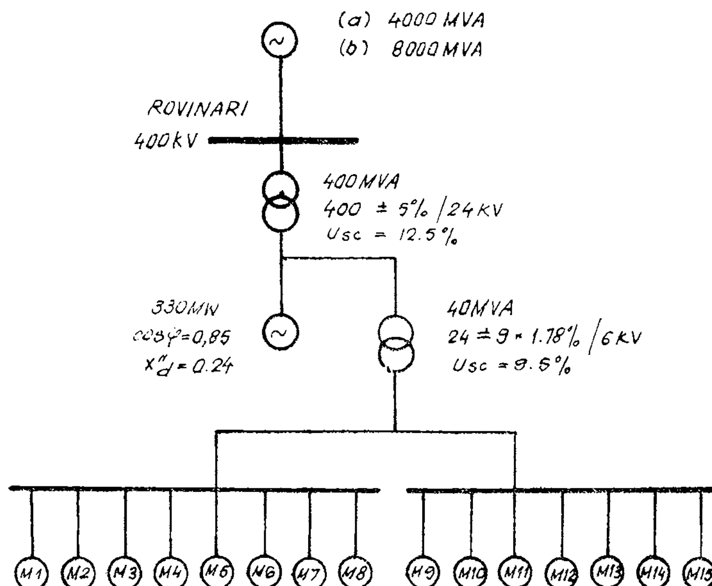
$$x_T = \frac{x_{MA} \cdot x_A}{x_{MA} + x_A} = \frac{0{,}408 \cdot 1{,}092}{1{,}500} = 0{,}297$$

$$3\,I_0 = \frac{3}{x_d + x_i + x_h} \cdot \frac{c \cdot S_b}{\sqrt{3} \cdot U_n} =$$

$$= \frac{3}{2 \cdot 0{,}202 + 0{,}297} \cdot \frac{1{,}1 \cdot 1\,000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 12{,}37\ \text{kA}$$

Anexa 16

Exemplul de calcul nr. 2



I_p/I_n	5.2	5.15	5.5	5.4	5.4	5.4	5.0	5.15	5.15	5.0	5.4	5.4	5.2	5.8	5.5
P_n	0.3	0.7	7.2	5.15	5.15	5.15	3.2	3.1	3.1	3.2	1.15	1.15	1.15	0.62	7.2
$\cos\varphi$	0.8	0.88	0.92	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.82	0.87	0.92

Calculul reactanțelor în unități relative :

$$S_b = 1\,000 \text{ MVA}, \; U_b = U_N$$

— Generator de 330 MW (338 MVA)

$$x_d = \frac{24}{100} \cdot \frac{1\,000}{388} = 0,618$$

— Transformatorul de bloc de 400 MVA

$$x_d = \frac{12,5}{100} \cdot \frac{1\,000}{400} = 0,312$$

— Transformatorul de servicii interne de 40 MVA

$$x_d = \frac{9,5}{100} \cdot \frac{1\,000}{40} = 2,375$$

— Generatorul echivalent pentru sistem

$$(a) \quad x_d = \frac{1\,000}{4\,000} = 0,25$$

$$(b) \quad x_d = \frac{1\,000}{8\,000} = 0,125$$

— Motoare asincrone

$$M_1 \; ; \; X_d = \frac{1}{5,2} \cdot \frac{1\,000}{\frac{0,3}{0,8}} = 512,6$$

$$M_2 \; ; \; X_d = \frac{1}{5,15} \cdot \frac{1\,000}{\frac{0,7}{0,86}} = 244,0$$

$$M_3 \text{ şi } M_{15} \; ; \; X_d = \frac{1}{5,5} \cdot \frac{1\,000}{\frac{7,2}{0,92}} = 23,2$$

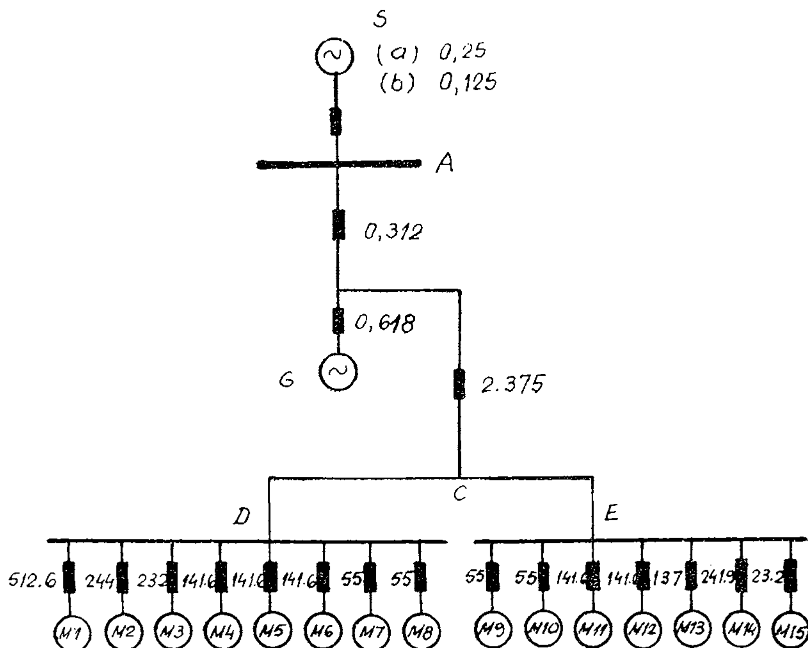
$$M_4, M_5, M_6, M_{11}, M_{12} \; ; \; X_d = \frac{1}{5,4} \cdot \frac{1\,000}{\frac{5,16}{0,88}} = 141,6$$

$$M_7 \text{ şi } M_{10} \; ; \; X_d = \frac{1}{5} \cdot \frac{1\,000}{\frac{3,2}{0,88}} = 55$$

$$M_8 \text{ şi } M_9 \; ; \; X_d = \frac{1}{5,15} \cdot \frac{1\,000}{\frac{3,1}{0,88}} = 55$$

$$M_{13} \; ; \; X_d = \frac{1}{5,2} \cdot \frac{1\,000}{0,82} = 137$$

$$M_{14} \; ; \; X_d = \frac{1}{5,8} \cdot \frac{1\,000}{\frac{0,62}{0,87}} = 241,9$$



$$X_{M_1-M_2} = \frac{512,6 \times 244}{756,6} = 165,3$$

$$X_{M_1-M_2-M_3} = \frac{165,3 \times 23,2}{188,5} = 20,3$$

$$X_{M_4-M_5-M_6} = \frac{141,6}{3} = 47,2$$

$$X_{M_7-M_8} = \frac{55}{2} = 27,5$$

$$X_{M_4-M_5-M_6-M_7-M_8} = \frac{47,2 \times 27,5}{74,7} = 17,3$$

$$X_D = \frac{17,3 \times 20,3}{37,6} = 9,3$$

$$X_{M_9-M_{10}} = 27,5 \text{ (la fel cu } X_{M_7-M_8})$$

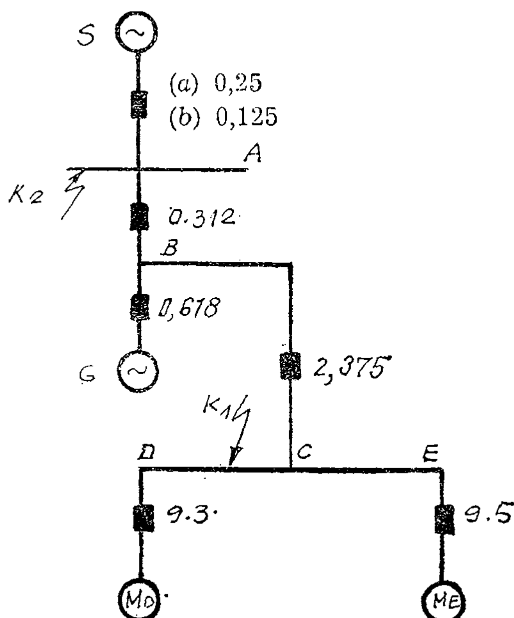
$$X_{M_{11}-M_{12}} = \frac{141,6}{2} = 70,8$$

$$X_{M_{14}-M_{15}} = \frac{23,2 \times 241,9}{265,1} = 21,1$$

$$X_{M_{14}-M_{15}-M_{13}} = \frac{21,1 \times 137}{158,1} = 18,2$$

$$X_{M_9-M_{10}-M_{11}-M_{12}} = \frac{27,5 \times 70,8}{98,3} = 19,8$$

$$X_E = \frac{19,8 \times 18,2}{38} = 9,4$$



I. Scurtcircuit în k_I

a) Puterea de scurtcircuit a sistemului echivalent 4 000 MVA

$$X_{BS} = X_{AB} + X_S = 0,312 + 0,25 = 0,562$$

$$X_B = \frac{X_{BG} \times X_{BS}}{X_{BG} + X_{BS}} = \frac{0,618 \times 0,562}{1,18} = 0,294$$

$$X_C = X_B + X_{BC} = 0,294 + 2,375 = 2,669$$

$$X_{CE} = \frac{X_C \times X_E}{X_C + X_E} = \frac{2,669 \times 95}{12,169} = 2,08$$

$$X_T = \frac{X_{CE} \times X_D}{X_{CE} + X_D} = \frac{2,08 \times 9,3}{11,38} = 1,7$$

$$Sk_I = \frac{1\,000}{1,7} = 588,235 \text{ MVA}$$

Din această putere de scurtcircuit aportul motoarelor este :

— secția I $\quad S_k^D = Sk_I \cdot \frac{2,08}{11,38} = 107,5$ MVA

— secția a II-a $\quad S_k^E = Sk_I \cdot \frac{9,3}{11,38} = \frac{2,669}{12,169} = 105,4$ MVA

b) Puterea de scurtcircuit a sistemului echivalent 8 000 MVA

$$X_{BS} = 0,312 + 0,125 = 0,437$$

$$X_B = \frac{0,618 \times 0,437}{1,055} = 0,255$$

$$X_C = 0,255 + 2,375 = 2,63$$

$$X_{CE} = \frac{2,63 \times 9,5}{2,65 + 9,5} = 2,06$$

$$X_T = \frac{2,06 \times 9,3}{11,36} = 1,69$$

$$Sk_I = \frac{1\,000}{1,69} = 591,7 \text{ MVA}$$

Din această putere de scurtcircuit aportul motoarelor este :

$$\text{secţia I} \quad S_k^D = Sk_1 = \frac{2,06}{11,36} = 107,3 \text{ MVA}$$

$$\text{secţia a II-a } S_k^E = Sk_1 = \frac{9,3}{11,36} = \frac{2,63}{12,13} = 105,03 \text{ MVA}$$

II. Scurtcircuit în k_2

$$X_C = \frac{X_D \times X_E}{X_D + X_E} = \frac{9,3 \times 9,5}{18,8} = 4,7$$

$$X_B = X_C + X_{BC} = 4,7 + 2,375 = 7,075$$

$$X_{B-BG} = \frac{X_B \times X_{BG}}{X_B + X_{BG}} = \frac{7,075 \times 0,618}{7,693} = 0,568$$

$$X_{A \cdot B \cdot BG} = X_{AB} + X_{B-BG} = 0,312 + 0,568 = 0,88$$

a) Puterea de scurtcircuit a sistemului echivalent 4 000 MVA

$$X_T = \frac{X_{AB \cdot BG} \times X_S}{X_{A \cdot B \cdot BG} + X_S} = \frac{0,88 \times 0,25}{1,13} = 0,194$$

$$Sk_2 = \frac{1\,000}{0,194} = 5154,64 \text{ MVA}$$

Aportul generatorului de 388 MVA

$$S_{KG} = Sk_2 = \frac{0,25}{1,13} \; \frac{7,075}{7,693} = 1048,8 \text{ MVA}$$

Aportul motoarelor

$$SkM = Sk_2 = \frac{0,25}{1,13} \; \frac{0,618}{7,693} = 91,6 \text{ MVA}$$

din care :

$$\text{— secţia I} \quad S_k^D = SkM \; \frac{9,3}{18,8} = 45,3 \text{ MVA}$$

$$\text{— secţia a II-a } S_k^E = SkM = \frac{18,8}{9,5} = 46,3 \text{ MVA}$$

b) Puterea de scurtcircuit a sistemului echivalent 8 000 MVA

$$X_T = \frac{0,88 \times 0,125}{1,005} = 0,109$$

$$Sk_2 = \frac{1\,000}{0,109} = 9\,174,3 \text{ MVA}$$

Aportul generatorului de 388 MVA este :

$$S_{KG} = Sk_2 = \frac{0,125}{1,005} \frac{7,075}{7,693} = 1\,049,4 \text{ MVA}$$

Aportul motoarelor

$$S\,kM = Sk_2 \frac{0,125}{1,005} \frac{0,618}{7,693} = 91,7 \text{ MVA}$$

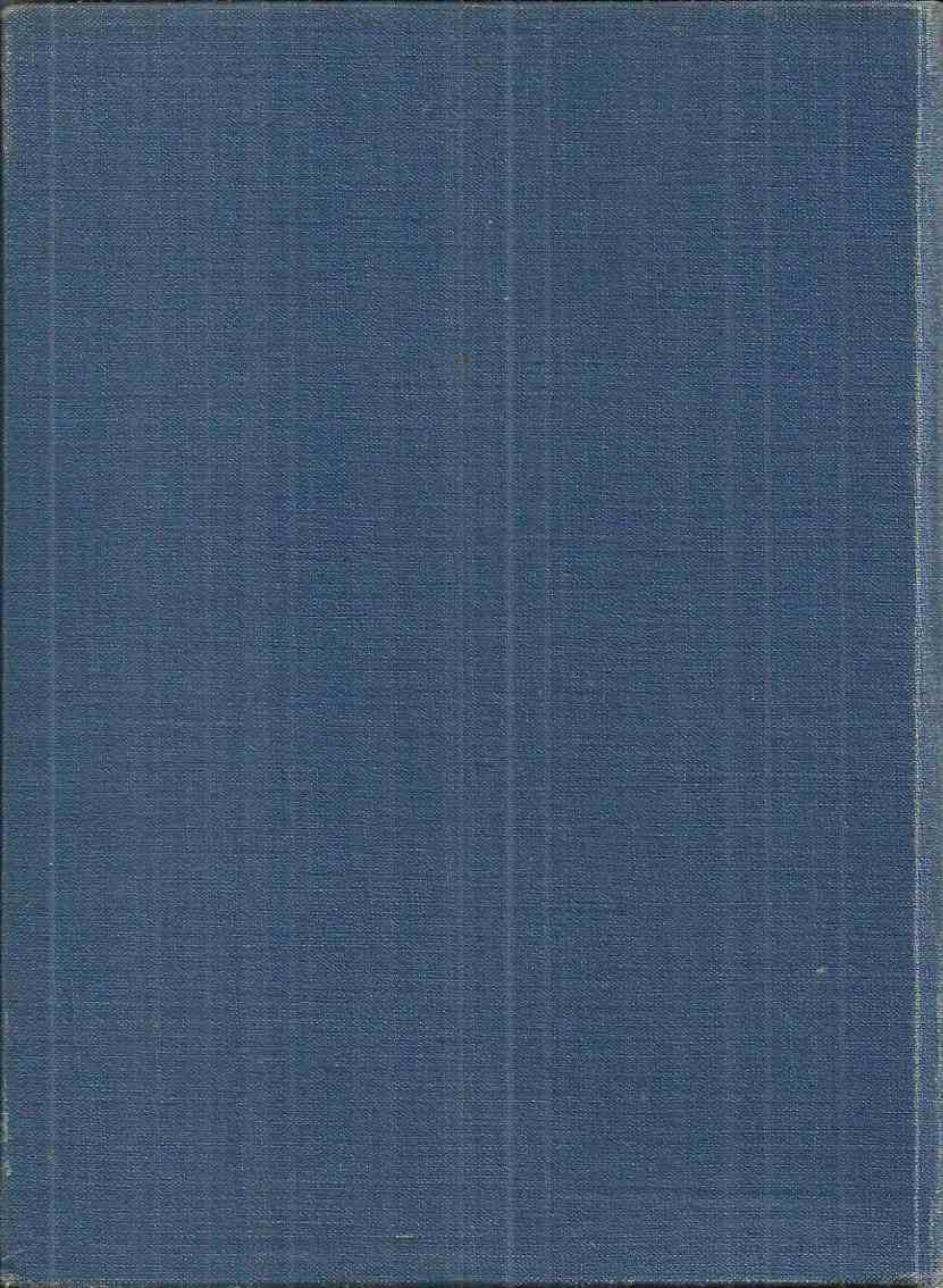
din care :

— secţia I $S_k^D = S\,kM \frac{9,3}{18,8} = 45,4$ MVA

— secţia a II-a $S_k^E = S\,kM \frac{9,5}{18,8} = 46,3$ MVA

Tiraj : 3 500 exemplare

Lucrare executată sub comanda nr. 814 la Oficiul Economic Central „Carpaţi", Întreprinderea poligrafică „Bucureştii-Noi", str. Hrisovului nr. 18 A, sectorul 1, Bucureşti



Scheme homopolare pentru linii

Nr. crt.	Tipul liniei	Schema echivalentă homopolară	Relații de calcul ale elementelor schemei echivalente	Valori aproximative
1	2	3	4	5
1		a	$a = X_h$	Linii fără conductor de protecție $X_h = 3,5\, X_d$ Linii cu conductor de protecție OL $X_h = 3\, X_d$ Linii cu conductor de protecție OL AL $X_h = 2\, X_d$.
2		a	$a = X_h$	Linii cu două conductoare de protecție $X_h = 5,5\, X_d$. Linii cu conductor de protecție OL $X_h = 4,7\, X_d$. Linii cu conductor de protecție OL AL $X_h = 3\, X_d$.
3	k; 1−k	a; c; b; d; e	$a = k X_{mh}$ $b = (1-k)\, X_{mh}$ $c = X_h - X_{mh}$ $d = k(X_h - X_{mh})$ $e = (1-k)(X_h - X_{mh})$	Pentru linii cu conductor de protecție din oțel: $X_{mh} = 1,7\, X_d$ $X_h - X_{mh} = 1,3\, X_d$
4		a; b; c	$a = X_{mh}$ $b = c = X_h - X_{mh}$	Idem
5	α; k; 1−k; β; γ	α; a; b; β; c; d; γ; e	$a = kX_{mh}$ $b = X_h - X_{mh}$ $c = k(X_h - X_{mh})$. $d = (1-k)(X_h - X_{mh})$ $e = (1-k)\, X_{mh}$	Idem
6	α; I; II; β; III; γ	a; b; c; e; f; d; α; β; h; i; g; γ	$a = X_{mh\,I}$ $b = c = (X_h - X_{mh})\,I$ $d = X_{mh\,II}$ $e = f = (X_h - X_{mh})\,II$ $g = X_{mh\,III}$ $h = i = (X_h - X_{mh})\,III$.	Idem

1	2	3	4	5
7			$a = X_{mh\,I}$ $\quad b = c = (X_h - X_{mh})\,I$ $d = X_{mh\,II}$ $\quad e = f = (X_h - X_{mh})\,II$ $g = X_{h\,III}$	Idem
8			$a = X_{mh\,I}$ $\quad b = c = (X_h - X_{mh})\,I$ $d = X_{mh\,II}$ $\quad e = f = (X_h - X_{mh})\,II$ $g = X_{mh\,III}$ $\quad h = i = (X_h - X_{mh})\,III$	Idem
9			$a = X_{mh\,I}$ $\quad b = c = (X_h - X_{mh})\,I$ $d = X_{mh\,II}$ $\quad e = f = (X_h - X_{mh})\,II$ $g = X_{m\,III}$ $\quad h = i = (X_h - X_{mh})\,III$ $j = X_{h\,IV}$ $\quad gk = X_{h\,V}$	Idem
10			$a = \dfrac{X_h^2 - X_{mh}^2}{X_h}$ $b = -c = \dfrac{X_h^2 - X_{mh}^2}{X_{mh}}$	Pentru linii cu cond. de prot. din oțel $X_h = 3X_d$ $X_{mh} = 1,7X_d$

Scheme echivalente și relații de calcul pentru scurtcircuite nesimetrice

DEFECTUL	SCHEME ECHIVALENTE	RELAȚII ÎNTRE MĂRIMI LA LOCUL DE DEFECT – MĂRIMI PE FAZĂ	RELAȚII ÎNTRE MĂRIMI LA LOCUL DE DEFECT – COMPONENTE SIMETRICE	RELAȚII DE CALCUL ALE MĂRIMILOR LA LOCUL DE DEFECT – MĂRIMI PE FAZĂ $\left(E=\frac{cU_N}{\sqrt{3}}\right)$	RELAȚII DE CALCUL ALE MĂRIMILOR LA LOCUL DE DEFECT – COMPONENTE SIMETRICE $\left(E=\frac{cU_N}{\sqrt{3}}\right)$
R, S, T	d: U_d, I_d i: U_i, I_i h: U_h	$\underline{U}_R=\underline{U}_S=\underline{U}_T$	$U_i=U_h=0$	$U_R=U_S=U_T=0$	$\underline{U}_d=\underline{U}_i=\underline{U}_h=0$
		$\underline{I}_R+\underline{I}_S+\underline{I}_T=0$	$I_i=I_h=0$	$\underline{I}_R=\frac{E}{\underline{Z}_d}$; $\underline{I}_S=a^2\underline{I}_R$; $\underline{I}_T=a\underline{I}_R$	$\underline{I}_d=\frac{E}{\underline{Z}_d}$; $\underline{I}_i=0$; $\underline{I}_h=0$
R, S, T, Z	I_d, Z/2 d: U_d I_i, Z/2 i: U_i h: U_h	$\underline{U}_S-\underline{U}_T=\underline{Z}\underline{I}_S$	$\underline{U}_d=\underline{U}_i+\underline{Z}\underline{I}_d$ $U_h=0$	$\underline{U}_R=(\underline{Z}+2\underline{Z}_i)\underline{I}_d$ $\underline{U}_S=(a^2\underline{Z}-\underline{Z}_i)\underline{I}_d$ $\underline{U}_T=(a\underline{Z}-\underline{Z}_i)\underline{I}_d$	$\underline{U}_d=(\underline{Z}+\underline{Z}_i)\underline{I}_d$ $\underline{U}_i=\underline{Z}_i\underline{I}_d$ $\underline{U}_h=0$
		$\underline{I}_R=0$ $\underline{I}_S=-\underline{I}_T$	$\underline{I}_d=-\underline{I}_i$ $I_h=0$	$\underline{I}_R=0$ $\underline{I}_S=j\sqrt{3}\frac{E}{\underline{Z}_d+\underline{Z}_i+\underline{Z}}$ $\underline{I}_T=-\underline{I}_S$	$\underline{I}_d=\frac{E}{\underline{Z}_d+\underline{Z}_i+\underline{Z}}$ $\underline{I}_i=-\underline{I}_d$ $I_h=0$
R, S, T, I_p, Z	d: U_d, I_d i: U_i, I_i h: U_h, I_h 3Z	$\underline{U}_S=\underline{U}_T=\underline{Z}\underline{I}_p$	$\underline{U}_i=\underline{U}_d$ $\underline{U}_h-\underline{U}_i=3\underline{Z}\underline{I}_h$	$\underline{U}_R=\frac{3E\underline{Z}_i(\underline{Z}_h+2\underline{Z})}{\underline{Z}_d\underline{Z}_i+(\underline{Z}_d+\underline{Z}_i)(\underline{Z}_h+3\underline{Z})}$ $\underline{U}_S=\underline{U}_T=\frac{-3E\underline{Z}\underline{Z}_i}{\underline{Z}_d\underline{Z}_i+(\underline{Z}_d+\underline{Z}_i)(\underline{Z}_h+3\underline{Z})}$	$\underline{U}_d=\underline{U}_i=-\underline{Z}_i\underline{I}_i=-(\underline{Z}_h+3\underline{Z})\underline{I}_h$ $\underline{U}_h=-\underline{Z}_h\underline{I}_h=\underline{U}_d+3\underline{Z}\underline{I}_h$
		$\underline{I}_R=0$ $\underline{I}_S+\underline{I}_T=\underline{I}_p$	$\underline{I}_i+\underline{I}_h=-\underline{I}_d$	$\underline{I}_R=0$ $\underline{I}_S=\frac{-\sqrt{3}E[\sqrt{3}\underline{Z}_i+j(2\underline{Z}_h+\underline{Z}_i+6\underline{Z})]}{2[\underline{Z}_d\underline{Z}_i+(\underline{Z}_d+\underline{Z}_i)(\underline{Z}_h+3\underline{Z})]}$ $\underline{I}_T=\frac{-\sqrt{3}E[\sqrt{3}\underline{Z}_i-j(2\underline{Z}_h+\underline{Z}_i+6\underline{Z})]}{2[\underline{Z}_d\underline{Z}_i+(\underline{Z}_d+\underline{Z}_i)(\underline{Z}_h+3\underline{Z})]}$	$\underline{I}_d=\frac{E}{\underline{Z}_d+\frac{\underline{Z}_i(\underline{Z}_h+3\underline{Z})}{\underline{Z}_i+\underline{Z}_h+3\underline{Z}}}$ $\underline{I}_i=-\frac{E(\underline{Z}_h+3\underline{Z})}{\underline{Z}_d\underline{Z}_i+(\underline{Z}_d+\underline{Z}_i)(\underline{Z}_h+3\underline{Z})}$ $\underline{I}_h=-\frac{E\underline{Z}_i}{\underline{Z}_d\underline{Z}_i+(\underline{Z}_d+\underline{Z}_i)(\underline{Z}_h+3\underline{Z})}$
R, S, T, Z	I_d, Z d: U_d I_i, Z i: U_i I_h, Z h: U_h	$\underline{U}_R=\underline{Z}\underline{I}_R$	$\underline{U}_d+\underline{U}_i+\underline{U}_h=3\underline{Z}\underline{I}_d$	$\underline{U}_R=\frac{3E\underline{Z}}{\underline{Z}_d+\underline{Z}_i+\underline{Z}_h+3\underline{Z}}$ $\underline{U}_S=\frac{-\sqrt{3}E}{2}\cdot\frac{\sqrt{3}(\underline{Z}_h+\underline{Z})+j(\underline{Z}_h+2\underline{Z}_i+3\underline{Z})}{\underline{Z}_d+\underline{Z}_i+\underline{Z}_h+3\underline{Z}}$ $\underline{U}_T=\frac{-\sqrt{3}E}{2}\cdot\frac{\sqrt{3}(\underline{Z}_h+\underline{Z})-j(\underline{Z}_h+2\underline{Z}_i+3\underline{Z})}{\underline{Z}_d+\underline{Z}_i+\underline{Z}_h+3\underline{Z}}$	$\underline{U}_d=-(\underline{Z}_i+\underline{Z}_h-3\underline{Z})\underline{I}_d$ $\underline{U}_i=-(\underline{Z}_h-\underline{Z})\underline{I}_d$ $\underline{U}_h=-\underline{Z}_h\underline{I}_d$
		$\underline{I}_S=0$ $\underline{I}_T=0$	$\underline{I}_d=\underline{I}_i=\underline{I}_h$	$\underline{I}_R=\frac{3E}{\underline{Z}_d+\underline{Z}_i+\underline{Z}_h+3\underline{Z}}$ $\underline{I}_S=0$ $\underline{I}_T=0$	$\underline{I}_d=\underline{I}_i=\underline{I}_h=\frac{E}{\underline{Z}_d+\underline{Z}_i+\underline{Z}_h+3\underline{Z}}$

PROGRAMATOR:	ASN	FOAIE DE PROGRAM FORTRAN	TELEFON 274 - 281

Etichetă	Instrucțiuni Fortran							Secvență:
	g_{11} •	g_{12} •	g_{13} •	g_{14} •	g_{15} •	g_{16} •	g_{17} •	
	g_{21} •	g_{22} •	g_{23} •	g_{24} •	g_{25} •	g_{26} •	g_{27} •	
	g_{31} •	g_{32} •	g_{33} •	g_{34} •	g_{35} •	g_{36} •	g_{37} •	
	g_{41} •	g_{42} •	g_{43} •	g_{44} •	g_{45} •	g_{46} •	g_{47} •	
21								
	F_{11} •	F_{12} •	F_{13} •	F_{14} •	F_{15} •	F_{16} •	F_{17} •	
	F_{21} •	F_{22} •	F_{23} •	F_{24} •	F_{25} •	F_{26} •	F_{27} •	
	F_{n1} •	F_{n2} •	F_{n3} •	F_{n4} •	F_{n5} •	F_{n6} •	F_{n7} •	
• EOF								